RECURSOS MINERALES DEL URUGUAY

Jorge Bossi



nuestra tierra 10

nuestra tierra 10

Distribuidor general: ALBE Soc. Com., Cerrito 566, esc. 2, tel. 8 56 92, Montevideo. Distribuidor para el interior, quioscos y venta callejera: Distribuidora Uruguaya de Diarios y Revistas, Ciudadela 1424, tel. 8 51 55, Montevideo.

Los dibujos que ilustran este volumen han sido realizados por la Srta. Renata Sella.

u$ 1.-

RECURSOS MINERALES DEL URUGUAY

Jorge Bossi



JORGE BOSSI, nacido el 14 de marzo de 1934, se graduó de Químico Industrial en 1957. Comenzó su actividad docente en 1955; desde entonces hasta 1959 fue asistente de los profesores Juan Goñi (Petrología, Facultad de Química) y Juan Caorsi (Geología General, Instituto Geológico del Uruguay). Ha sido, sucesivamente, Profesor Adjunto de Geología (1958-1960), cátedra que dicta como titular en la Facultad de Agronomía desde 1960; Asistente de Geoquímica entre 1963 y 1966, en la Facultad de Química, y Profesor de Mineralogía en la misma Facultad desde 1966.
Ha efectuado trabajos de investigación en yacimientos de hierro (1959, con el Dr. Benjamín Alvarado) y en yacimientos de cobre, plomo y cinc, en 1960, con el Dr. Jacques Ledoux. Durante dos años consecutivos (1965 y 1966) realizó, conjuntamente con los doctores James Cameron y Arnold Grimbert, labores de prospección de uranio en nuestro país.
Asistió al XVI y al XVII Congreso Brasileño de Geología, celebrados en 1962 y 1963; integró la delegación uruguaya al Primer Encuentro de Geólogos (de Brasil, Uruguay y Argentina), realizado en 1966, y fue invitado por UNESCO al Simposio Internacional sobre Deriva Continental que tuvo lugar en 1967 en Recife, Brasil.
Entre otros, ha publicado los siguientes trabajos: **Montmorillonita nacional** (1960); **El yacimiento de hierro del Arroyo Valentines** (1963); **Geología del Uruguay** (1966); **Ensayo y clasificación geológica de rocas ígneas** (1968).

INTRODUCCION

URUGUAY, PAIS GANADERO Y...

El Uruguay es un país tradicionalmente ganadero. Su creciente dependencia de centros de poder extraños al interés nacional, condujo a que el país haya llegado a 1969 sin planes propios de búsqueda y explotación de recursos minerales. Más allá de nuestras pequeñas fronteras todo el mundo busca desesperadamente minerales y fuentes de energía para industrializarse. La incapacidad de forjar y aplicar una política de progreso nacional, llevó también a recurrir a técnicos extranjeros en vez de formar técnicos uruguayos. Llegaron alemanes, canadienses, franceses, en la primera mitad del siglo; expertos internacionales en la post-guerra; norteamericanos para el fallido estudio de petróleo de 1948-56. Salvo alguna honrosa excepción, como la del sabio alemán Karl Walther, el aporte no tuvo proyecciones nacionales importantes.

El resultado es el desconocimiento de las riquezas minerales del país. Aunque los expertos redacten informes, no se crea un plan nacional, pues nuestras condiciones son muy diferentes a su experiencia. Por más voluntad que esos expertos demuestren para recuperar un país subdesarrollado, su actitud, cuando es positiva, dada su formación resulta a lo sumo meramente "desarrollista", con planes en general inaplicables.

El presente trabajo no tiene más ambición que exponer los conocimientos existentes sobre nuestros recursos minerales y presentar en algunos casos un plan para su aprovechamiento, ajustado en lo posible a nuestra realidad socio-económica.

Las riquezas del subsuelo que se explotan con más interés y confianza son los materiales de construcción y ornamentación. Ha quedado a la zaga la explotación de aquellos minerales que son utilizables sólo después de un proceso de transforma-

ción. Una de las mayores limitaciones proviene de nuestra escasez en minerales, por lo menos en minerales conocidos. Otro factor es la falta de un organismo asesor para la búsqueda, explotación y uso de minerales. Un tercero es el descrédito generado por el desarrollo de falsas empresas lanzadas a la especulación irresponsable.

También resulta peligroso para nuestro desarrollo minero, que las instituciones públicas realicen análisis sobre muestras llevadas por el interesado y no envíen un técnico a extraer una muestra representativa; con respecto a la mina de cobre "La Oriental", por ejemplo, conocemos la existencia de análisis que dan hasta 8 % en cobre, cuando este filón mineralizado, muestreado en forma correcta, no dio nunca valores superiores a 2.5 % en cobre; no sería difícil que el primer análisis hubiera sido el motivo del fracasado intento de explotación durante el período 1957-59.

BREVE RESEÑA HISTORICA

Desde la época pionera de Mårstrander (1916), pasando por el estudio más científico de Walther (1932), no existen trabajos globales sobre nuestros recursos minerales, excepto los informes de "misión cumplida" de Redmayne (1936) y Write (1941) presentados a UTE durante el fracasado intento de explotación minera llevado adelante por este ente autónomo.

Estos técnicos actuaban en nuestro país apenas por unos pocos meses, con rápidas visitas al campo. Por supuesto que sus datos no son directamente aprovechables.

En 1948 ANCAP contrató una investigación de petróleo con la compañía De Goldyer and Mac Naughton de EE.UU. Luego de ocho años de búsqueda infructuosa, se dio por concluida la investigación. ANCAP compró una máquina perforadora tipo "Rotary". No la usó nunca.

En 1952 el Instituto Geológico contrató a un geólogo, Gordon Jones, quien en 1956 publicó un trabajo sobre la geología del departamento de Canelones, pero la existencia de una importante fosa tectónica en Canelones, motivo de investigación de la empresa De Goldyer and Mac Naughton como posible reservorio petrolífero, fue revelada por él en el Congreso Internacional de México, en 1956, y no en el boletín del Instituto Geológico del Uruguay, donde en realidad correspondía hacerlo.

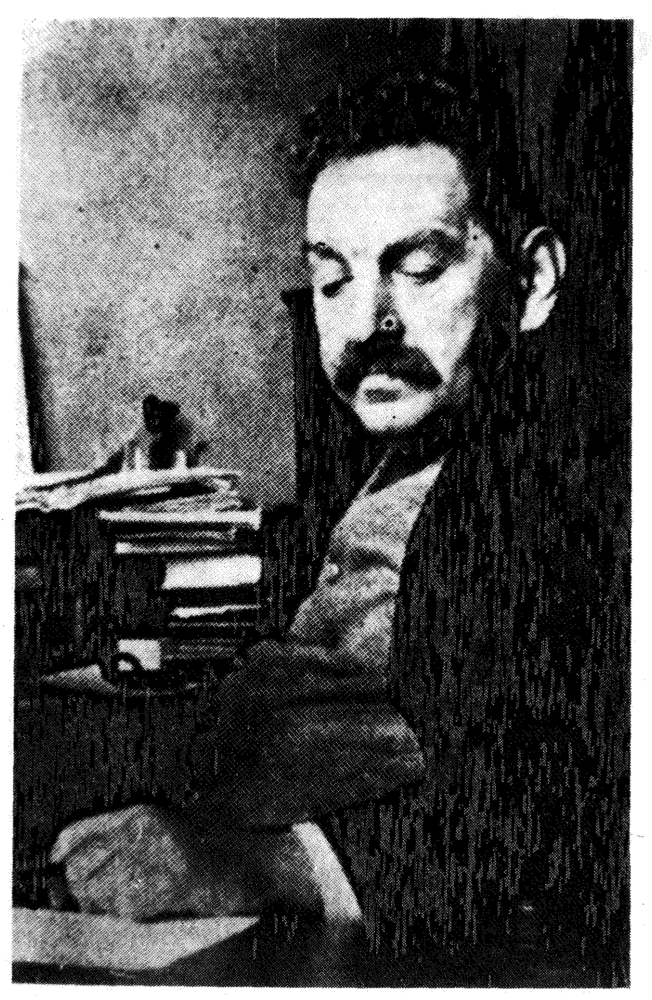
En 1959 vino un experto en cobre, J. Ledoux. Aunque su informe no fue aprovechado, quienes trabajamos junto a él extrajimos valiosa experiencia de sus investigaciones.

También en esa fecha llegó B. Alvarado como asesor en hierro. Este técnico, muy capaz para los estudios de explotación y beneficiación, llegó desgraciadamente en la etapa preliminar a la investigación y no pudo aprovecharse toda su experiencia.

Por esa misma época pulularon extranjeros llegados a la búsqueda de manganeso, en su mayoría al servicio de compañías particulares. No dejaron informe alguno, excepto la misión Fricke-Raabe, enviada por la República Federal Alemana.

A partir de 1961 se suceden diversos informes sobre el yacimiento de hierro de Valentines, realizados por el personal técnico del Instituto Geológico del Uruguay.

Esta breve reseña histórica tiene por finalidad mostrar la escasez de datos existentes sobre nuestros recursos minerales, resultado inevitable de la despreocupación nacional por crear un equipo de trabajo en este campo de nuestras riquezas naturales.



K. Walther: pionero de nuestra geología científica.

ORO Y PETROLEO: UNICAS INQUIETUDES

En materia de recursos minerales, las inquietudes actuales se centran en el oro y el petróleo, que constituyen materias primas tradicionalmente muy ambicionadas, sobre todo en las márgenes coloniales de los grandes imperios. Hoy, sin embargo, ya no son los únicos minerales importantes para los países independientes: el hierro, las calizas, las dolomitas, el uranio, permiten alimentar industrias nacionales que son sin duda un factor tan importante como los otros de bienestar social y progreso económico.

La fiebre del oro que conmovió al Uruguay en noviembre de 1967 obliga a meditar sobre el problema de fondo: ¿será realmente mejor destino, para los habitantes de Isla Patrulla, trabajar en una posible mina de oro, que en una planta de cemento unos kilómetros más al norte? La respuesta es inmediata. Todos conocemos la magnífica obra realizada por ANCAP en sus plantas industriales.

Nadie duda de que sería importante extraer oro, más que nunca ahora que nuestras reservas han quedado tan disminuidas, pero en todo caso hay que pensar en Minas de Corrales. Nunca se hizo mención de Isla Patrulla por sus enormes reservas de calizas; en cambio, se convirtió en un centro de atracción a los pocos días del hallazgo de unos gramos de oro.

En materia de petróleo, luego de los gastos inútiles de la perforación en la estancia "El Águila", se ha llamado a licitación para prospección en el Río de la Plata, lo que es claramente violatorio del Código de Minería.

Sigue brillando por su ausencia la inquietud por formar especialistas uruguayos para realizar una detenida prospección científica en todo el territorio nacional. Ningún uruguayo aprenderá a buscar petróleo durante los trabajos de la empresa que gane la licitación.

CLASIFICACION ECONOMICA DE MINERALES

Las materias primas minerales son tan numerosas que debe realizarse, inevitablemente, alguna clasificación que permita ordenar el tema. La clasificación que mejor se adapta a nuestras riquezas conocidas es la de Ladoo y Myers (1951). Estos autores dividen el reino mineral en tres clases: combustibles, minerales metálicos y minerales no metálicos. Los combustibles constituyen las fuentes de energía; los minerales metálicos son la fuente de obtención de metales; los no metálicos agrupan el resto, que es por supuesto el grupo más heterogéneo.

Combustibles. En nuestro país no se ha descubierto hasta el presente ninguna fuente energética mineral. En este tema se podría plantear sólo las tareas necesarias para procurar su descubrimiento.

Minerales metálicos. Agrupan todas las menas que constituyen la materia prima de industrias metalúrgicas. A partir de ellas, mediante un proceso adecuado, se obtiene el metal, lo que hace técnicamente aprovechable el elemento químico contenido en el mineral. Serán menas de minerales metálicos todas aquellas acumulaciones de minerales que conduzcan, mediante un tratamiento apropiado, a la obtención de metales.

Minerales no-metálicos. Incluyen el resto. Son materias primas que conducen a productos comerciales en estado de combinaciones químicas. Toda la industria química trabaja en esta categoría de minerales. Así, por ejemplo, las calizas proporcionan el calcio integrante del cemento portland. También incluyen pigmentos, materias primas cerámicas, materiales aislantes como la mica, minerales fibrosos como el amianto, materiales de construcción y ornamentación. En resumen, se utilizan como poseedores de elementos químicos que entrarán en reacción para dar un producto final de

1. YACIMIENTOS DE MINERALES METALICOS

1.1 Metales preciosos	Oro — Lavalleja, Rivera, Treinta y Tres
1.2 Metales no ferrosos:	Cobre — Lavalleja, Maldonado
	Plomo y Cinc — Lavalleja
1.3 Metales ferrosos:	Hierro — Rivera, Florida Manganeso — Rivera, San José

2. YACIMIENTOS DE MINERALES NO METALICOS

2.1 Minerales arcillosos:	Caolín — Durazno Montmorillonita — Cerro Largo
2.2 Materias primas silicatadas:	Feldespatos — Florida, Canelones Cuarzo — Florida Esteatita y Talco — Colonia, Lavalleja Limos — Montevideo, San José, Maldonado
2.3 Calcáreos:	Calizas — Lavalleja, Paysandú, Treinta y Tres Dolomitas — Lavalleja, Maldonado
2.4 Pigmentos:	Ilmenita — Rocha Baritina — Lavalleja
2.5 Piedras de tallado: .....,	Ágata — Artigas, Salto, Paysandú Amatista — Artigas
2.6 Materiales de construcción:	Granito Negro Piedra Arena Balasto Piedra laja Mármoles

3. MATERIAS PRIMAS ENERGETICAS

3.1 Carbón — Cerro Largo
3.2 Turba — Rocha
3.3 Petróleo
3.4 Uranio

utilidad técnica y/o como sustancias con propiedades físicas que satisfacen determinadas necesidades.

Muchos minerales pueden tener más de un uso. Así la hematita (Fe_2O_3; óxido férrico) es materia prima de la industria siderúrgica y a la vez puede ser utilizada como pigmento rojo cuando es finamente molida (de ahí su nombre: hemos = sangre). En cada caso hay factores determinantes de su utilización. La industria siderúrgica puede aceptar un yacimiento de pureza no muy elevada. Actualmente se explotan yacimientos que tienen pureza tan baja como 32 % en hierro (Lorena). Pero la industria es exigente, en cambio, con relación a la cantidad. Para alimentar nuestro mercado de hierro se necesita un mínimo de 50.000 Ton/año expresados en mineral puro (70 %) y durante veinte años para amortizar el equipo, lo que representa una necesidad mínima de un millón de toneladas en el yacimiento. A la inversa, para la obtención de pigmento rojo, es necesario un yacimiento con hematita de gran pureza y no se es tan exigente en cuanto a tonelaje. En ese sentido, el yacimiento de hematita de Piedra de Fierro en Cerro Largo podría utilizarse teóricamente como materia prima de pigmento rojo, pero jamás —por su muy reducido volumen— como materia prima siderúrgica.

Para la clasificación de los recursos minerales del Uruguay se tomarán como base los trabajos de Ladoo y Myers (1951) y Bateman (1942), pero en el cuadro se incluirán solamente aquellos minerales cuya existencia se conoce en el país. Luego, en los capítulos siguientes, se discutirá su posible valor.

No se poseen estudios definitivos sobre todos los yacimientos citados. Para muchos de ellos existen sólo datos preliminares que únicamente permiten abrir juicio sobre los trabajos a realizar como paso preliminar a la aplicación de inversiones para su explotación. No todos ellos constituyen riquezas actuales o potenciales. En el capítulo que sigue, "Yacimientos uruguayos conocidos", se citan exclusivamente porque ha sido detectada su presencia. Con ello se pretende destacar que no alcanza su determinación cualitativa: para constituir una verdadera riqueza, deben poseer conjuntamente buena calidad y volumen suficiente para poder alimentar la industria durante un determinado número de años, que haga rentable la explotación.

El sub-capítulo "Materias primas energéticas" ha sido introducido para exponer la necesidad de que nuestro país emprenda inmediatamente su búsqueda y no porque se conozcan yacimientos explotables.

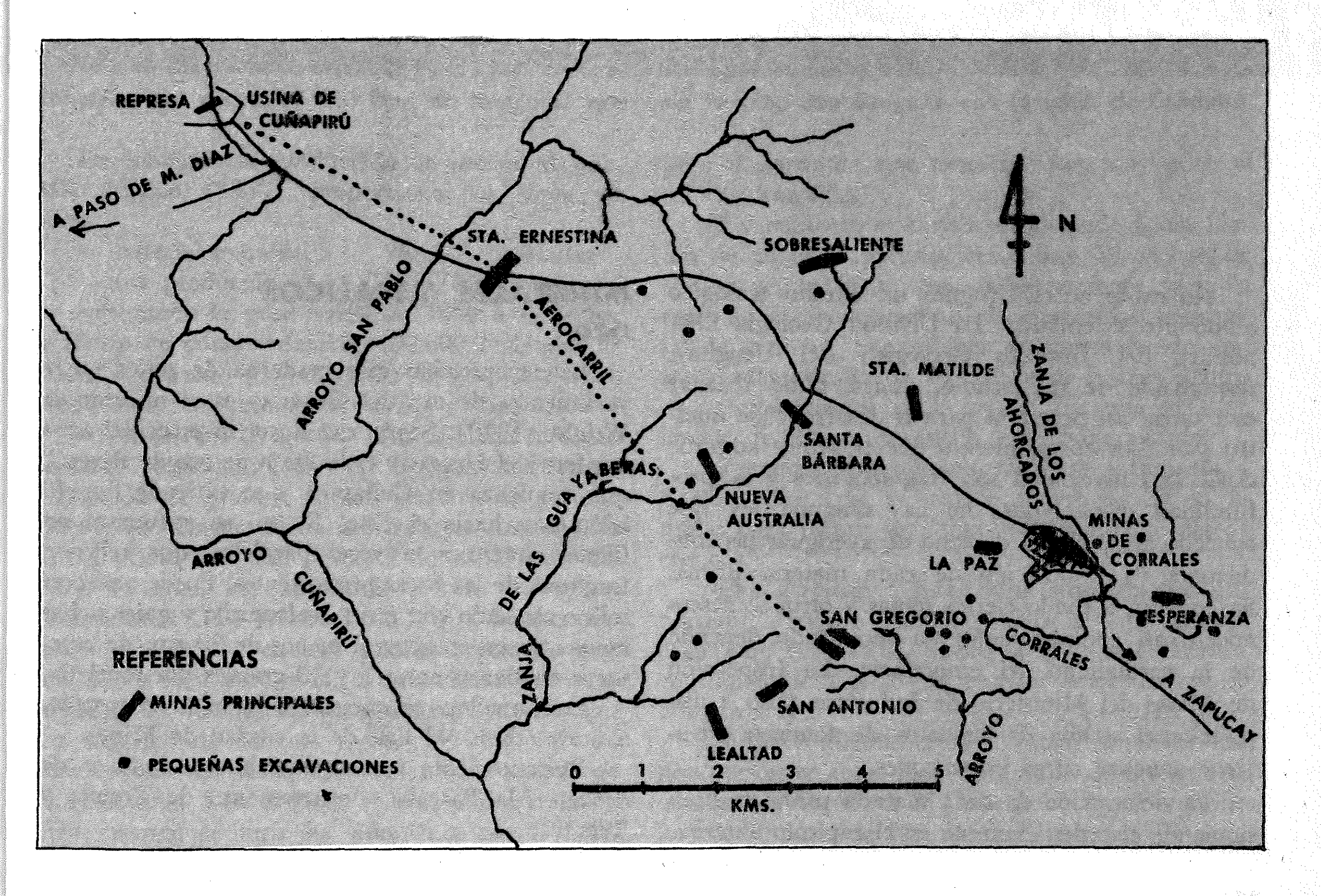
El orden de exposición no resultó todo lo perfecto que se hubiera deseado. Las líneas generales son las universales. Los minerales arcillosos quedaron separados de las demás materias primas para la industria cerámica, a efectos de poder tratar un poco más a fondo algunas propiedades físico-químicas específicas que les permiten usos especiales no muy difundidos en nuestro medio. El estudio de los minerales no-metálicos se desarrolla algo más exhaustivamente, puesto que, aunque por su menor valor unitario son en general menos atractivos, en nuestro medio pueden servir de base tanto a industrias voluminosas como pequeñas, en general rentables.

Cuando se habla de recursos minerales es necesario tener presente que la unidad a considerar es la *especie mineral,* compuesto químico natural con determinada estructura interna y composición química constante dentro de ciertos márgenes, que posee el o los elementos químicos y/o las propiedades básicas de aplicación técnica. Pero también es necesario advertir que no alcanza con el hallazgo de la especie mineral; ésta debe estar

en una concentración suficiente y en una cantidad adecuada para que justifique la inversión necesaria para su extracción y aprovechamiento.

En Geología Económica, se denomina *mena* a una roca que contiene uno o más minerales útiles desde el punto de vista técnico, en general condicionado a que se presenten en calidad y cantidad suficientes. La *mena* es normalmente un conjunto de especies minerales de las cuales una o dos dan a la roca su valor comercial. Al resto se denomina *ganga.* La acumulación natural de esos minerales útiles se denomina *yacimiento.* Al decir de Raguin (1961) los yacimientos son cuerpos geológicos cuya formación es un fenómeno geológico. (Ver apéndice: "Procesos geológicos formadores de menas".)

Distribución de la actividad minera en Minas de Corrales (extraído del libro de Mac Millan, 1930).



YACIMIENTOS URUGUAYOS CONOCIDOS

No existe en el Uruguay un estudio geológico económico sistemático. La División Geología Económica del Instituto Geológico del Uruguay, responsable de tal estudio, nunca pudo realizar esta tarea tan necesaria para el desarrollo de nuestro país. Los conocimientos que podemos adquirir desde la Universidad son fragmentarios y de profundidad dispar, pues no hay ninguna ley que conceda a aquélla el derecho de averiguar las condiciones de explotación de cada materia prima. Se conocen a fondo ciertos temas y otros se desconocen casi completamente; a veces todo depende de la cordialidad del empresario. La Inspección de Minas del Ministerio de Industrias puso a disposición el archivo de sus datos, de donde se extrajeron muchas cifras importantes.

La descripción de cada materia prima se hará siguiendo el orden expuesto en el capítulo anterior.

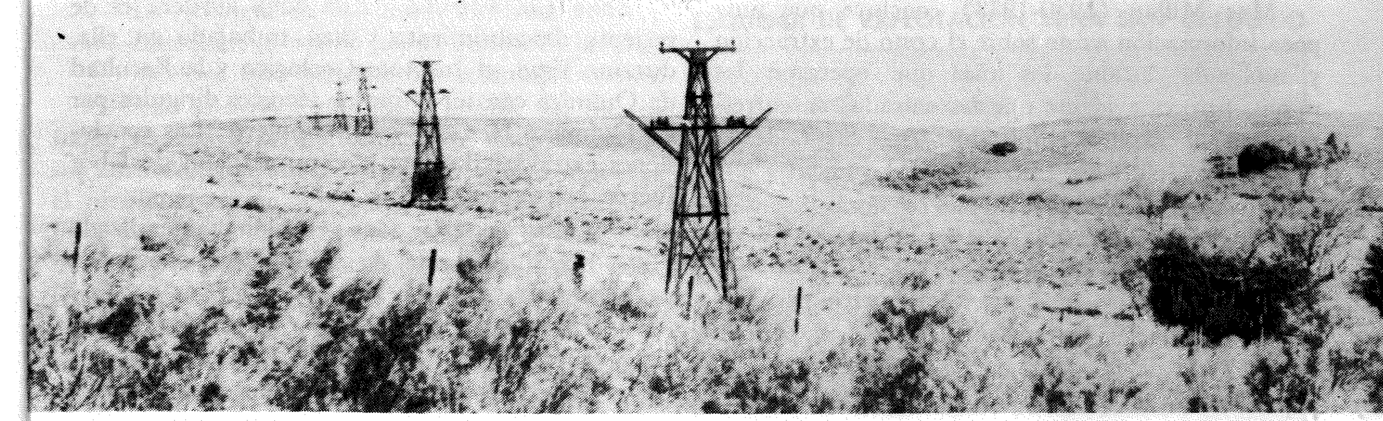
MINERALES METALICOS

ORO

La recopilación más moderna de datos sobre yacimientos de oro del Uruguay es el informe de Wright (1940). Según este autor la principal zona aurífera del Uruguay es la "faja de oro de Rivera" que comienza en Cuñapirú y se extiende por 40 kilómetros hacia el Este. El oro se encuentra en filones cuarzosos, a veces paralelos, que rellenan fracturas de las rocas preexistentes. Puede aparecer solo o asociado con pirita, calcopirita y galena. Las menas tienen en general menos de 30 cm. de espesor y contienen entre 3 y 30 gramos por tonelada.

En Lavalleja se encuentra la mina Arrospide, a unos 5 Kms. al Este de la ciudad de Minas.

Recientemente fueron descubiertos indicios de oro en Isla Patrulla, departamento de Treinta y Tres.



Columnas del aerocarril (10 kms. de longitud) que unía la mina San Gregorio con la usina de Cuñapirú.

En cuanto a la producción de oro en el país, Mac Millan (1930) proporciona las siguientes cifras:

— material extraído . 368.909 toneladas
— oro producido ... 2.787.770 gramos

Agregando la producción de 1936 a la fecha, se tienen en cifras redondas, 400.000 toneladas de material extraído y 3:000.000 de gramos de oro producidos: un promedio de 7.5 g/tonelada.

Mina de San Gregorio. Fue la mina más importante explotada en el Uruguay. Produjo 2:000.000 de gramos de oro durante el período 1889-1914. Hasta 1909, los trabajos fueron sólo en superficie, con una longitud de 1.300 mts. En 1909, la mina fue adquirida por la "Uruguay Consolidated Gold Mines Ltda." que hizo explotación subterránea en tres galerías separadas por veinticinco metros entre sí, es decir hasta una profundidad de 80 metros. La galería mayor alcanzó una longitud de ochenta metros. El mineral era transportado a Cuñapirú por un aerocarril de 10 kilómetros. Los trabajos se suspendieron hasta 1936, cuando la mina fue adquirida por U.T.E., pero a partir de este momento fue muy poco el mineral extraído.

El yacimiento se encuentra asociado a dos filones de cuarzo separados entre 6 y 30 metros de rumbo general EW, con un buzamiento variable entre 55 y 75° al Norte. En la extremidad occidental de la mina, estos filones se juntan dando una zona mineralizada de 10 metros de ancho, dentro de la cual existía, en la pared sur, una veta de cuarzo de 20 cm. de ancho, muy mineralizada.

La energía era hidroeléctrica: se transmitía a 6.000 voltios, que se transformaban a 220 en la mina, para mover los molinos, zarandas y demás equipos.

Mina Zapucay. Esta mina también fue importante. Produjo 100.000 gramos de oro, durante el período 1890-1916. El oro también se encuentra en filones de cuarzo de espesor entre 10 cm. y 1 metro.

Existieron además otras 28 minas pequeñas que produjeron en total 146.046 gramos de oro que se trataron en las usinas de Cuñapirú y San Gregorio; la más importante fue Santa Ernestina.

Mac Millan (1930-1933) concluye que muy poca información existe sobre el costo de extracción y molienda durante los años que operaron las minas, pero es evidente que las entradas no correspondían al capital empleado. Una carta de la "Uruguay Goldfields Ltd." de 1911 indica:

capital invertido . 14.478 libras
gastos de funcionamiento y explotación . . . . 2.000 pesos por mes

La producción de la mina durante el período 1911-14 fue de $ 16.600.oo, mucho menor que el capital invertido.

Sin embargo, en 1938 D. Gill examinó varias de las minas de la región y llegó a la conclusión de que deberían trabajarse en cooperativa, con muchos pequeños productores y con una usina central de tratamiento.

Zona de Lavalleja. La única mina conocida es la de Arrospide, a 5 Kms. de la ciudad de Minas. El oro se encuentra en filones de cuarzo de 0m30 a 2m de ancho, pero de forma lenticular y muy dispersos. La explotación se llevó a cabo durante 1938. Se trataron 2.750 toneladas y se obtuvieron 6.470 gramos de oro y 25.000 gramos de plata.

El oro se encuentra dentro de pirita. La beneficiación se realizó por el método de flotación. Las operaciones duraron sólo seis meses, pues según D. Gill no se consiguió mineral comercialmente explotable.

La aparición de filones de cuarzo con pirita en los alrededores de la mina, en una zona no sometida a prospección detallada, hizo que Ledoux (1960) aconsejara prospectar cuidadosamente los alrededores antes de descartar definitivamente la zona.

Zona Isla Patrulla. Esta zona aurífera es de reciente descubrimiento y han trabajado en ella, durante 1968, el Instituto Geológico y la Facultad de Química con un grupo de técnicos dirigidos por los Químicos H. Goso y M. Umpierre. Las conclusiones extraídas durante este primer año de labor fueron las siguientes:

— Existe en esta zona el filón mineralizado más importante de cuantos se conocen en el país.
— La mineralización es por lo menos de oro y cobre.
— Deben continuarse a la brevedad trabajos más detallados para determinar la verdadera potencialidad económica del área.
— La mineralización está desconectada de la cantera de los suburbios de Isla Patrulla y fue descubierta gracias a la aplicación de métodos científicos de búsqueda aplicados por los técnicos del Instituto Geológico dirigidos por el Q.I. H. Goso.

Situación actual y perspectivas. Hoy se sabe muy poco más sobre las existencias de oro en el Uruguay de lo que se sabía en 1940; en cambio tenemos más necesidad de oro. Además la información hasta esa fecha es realmente escasa. En resumen, se poseen los siguientes datos:

— Los yacimientos conocidos se encuentran en Rivera y Lavalleja; actualmente, debe sumarse el hallazgo en Isla Patrulla.
— En Rivera, las zonas más importantes son Minas de Corrales, Zapucay y Curtume.
— Durante 32 años se extrajo mineral con un tenor promedio de 7.5 g/ton.
— En general, las condiciones de los yacimientos y los métodos de beneficiación determinaron que la explotación resultara antieconómica.
— La geología de las zonas auríferas es poco conocida; lo mismo puede decirse de las condiciones que permitieron acumular el oro.

De ello se deduce que no es posible dar un enfoque técnico a la discusión sobre nuestros recursos auríferos. Sin embargo vale la pena considerar el problema en un momento de depresión económica tan grave como la que atraviesa el país, con nuestros recursos casi totalmente agotados o enajenados en función de los créditos de la banca internacional.

Para el tipo de yacimiento aurífero que aparece en Uruguay, el contenido promedio de oro que permite una explotación rentable es de 12 g/ton, debido a la inversión y gastos de operación para molienda y beneficiación. Según los datos estadísticos de la explotación durante el período 1882-1914, el promedio alcanza sólo a 7.5 g/ton. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que los métodos utilizados permitían recuperar apenas el 65 % del oro existente.

El valor principal del oro en nuestro tiempo reside en su utilización como respaldo bancario. Sólo el 10 % de la producción se destina a joyería. Su valor, por otra parte, escapa a las fluctuaciones del mercado: los acuerdos internacionales lo han fijado en 35 dólares la unidad de 31 g. 1035. Hoy día, como se sabe, esta cotización artificial ha generado un cuestionamiento abierto por parte de Francia.

En estos momentos nuestro país ha perdido la mayor parte de sus reservas en oro, que debieron ser exportadas como garantía para obtención de préstamos extranjeros. El desafío de de Gaulle a la hegemonía internacional del dólar, empuja febrilmente la avidez por el oro, y ello hace más difícil que nuestro país recupere sus antiguas reservas. (Herrera Vargas, 1968.)

ESQUEMA DE EXPLOTACIÓN MINA SAN GREGORIO

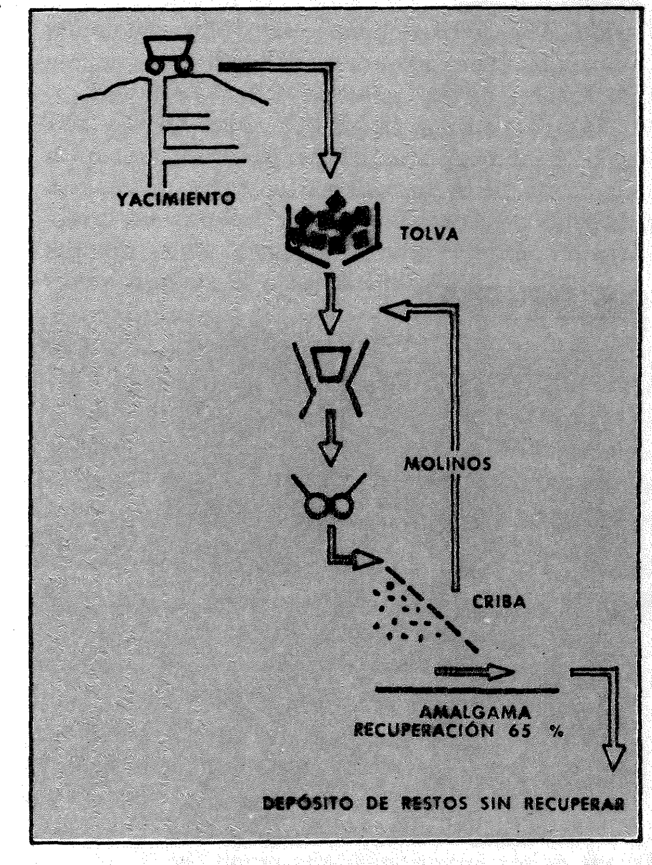


Diagrama de flujo de la explotación de oro en la mina San Gregorio, durante el período comprendido entre 1890 y 1914.

Lo expuesto obliga a pensar que es preciso invertir capitales del Estado para poner al día los conocimientos sobre nuestros recursos de oro. Con mano de obra y equipos nacionales puede lograrse, si los estudios preliminares lo aconsejan, una ex-



Ruinas de las instalaciones construidas en la mina de oro Santa Ernestina.

plotación que, aunque no resulte rentable como empresa industrial, tendría gran importancia porque sería tal vez el único medio de recuperar nuestro Tesoro.

La zona prioritaria es sin duda la "faja aurífera de Rivera" con Cuñapirú-Minas de Corrales como centro. No debemos hacernos tampoco grandes ilusiones. Durante 32 años fueron extraídas sólo tres toneladas de oro: poco más de 3 millones de dólares según su valor actual. Las condiciones técnicas modernas, con métodos como el de cianuración, pueden no obstante permitir un mejor rendimiento y una más rápida extracción. Incluso existen actualmente enormes volúmenes de material arrancado y triturado, a los que, en su momento, no se les extrajo todo el mineral, debido a las técnicas rudimentarias empleadas (ver esquema de explotación de la Mina San Gregorio).

COBRE - PLOMO - CINC

Estos elementos químicos son extremadamente importantes en la tecnología actual y sus cualidades los hacen insustituibles en la mayoría de sus usos. *El cobre* tiene su principal aplicación en conductores eléctricos debido a su alta conductibilidad; también es un elemento base de varias aleaciones, principalmente latón y bronce; sus compuestos tienen propiedades fungicidas y se emplean ampliamente para viñas y frutales, como el sulfato de cobre. *El cinc* es usado en la construcción debido a su resistencia a los agentes atmosféricos y a su posibilidad de laminación en hojas delgadas; pero se usa principalmente en aleaciones: latón, bronce... *El plomo* tiene propiedades particularísimas: es extremadamente blando, dúctil, de bajo punto de fusión, muy fácil de trabajar, bastante inerte químicamente. Se usa para fabricación de municiones, hojas, placas de acumuladores, caracteres de imprenta. Se utiliza también como integrante de compuestos químicos: plomo-tetraetilo, como antidetonante en combustible; minio y litargirio como colorantes antióxidos.

La producción mundial es de 4:000.000 Ton/año de cobre, 3:000.000 de cinc y 2:500.000 de plomo. El Uruguay importa cantidades considerables de estos elementos, que le significan una apreciable evasión anual de dólares. En el cuadro adjunto se ha tomado el promedio de importaciones durante el período 1964-66.

Plomo	290.000 dólares	1.200 ton.
Cinc	276.000 "	1.100 "
Cobre	991.000 "	950 "
Bronce	28.000 "	31 "
Latón	110.000 "	100 "

Minas de Corrales: sus viejas casas muestran un pasado de bienestar. La búsqueda del oro aún subsiste.



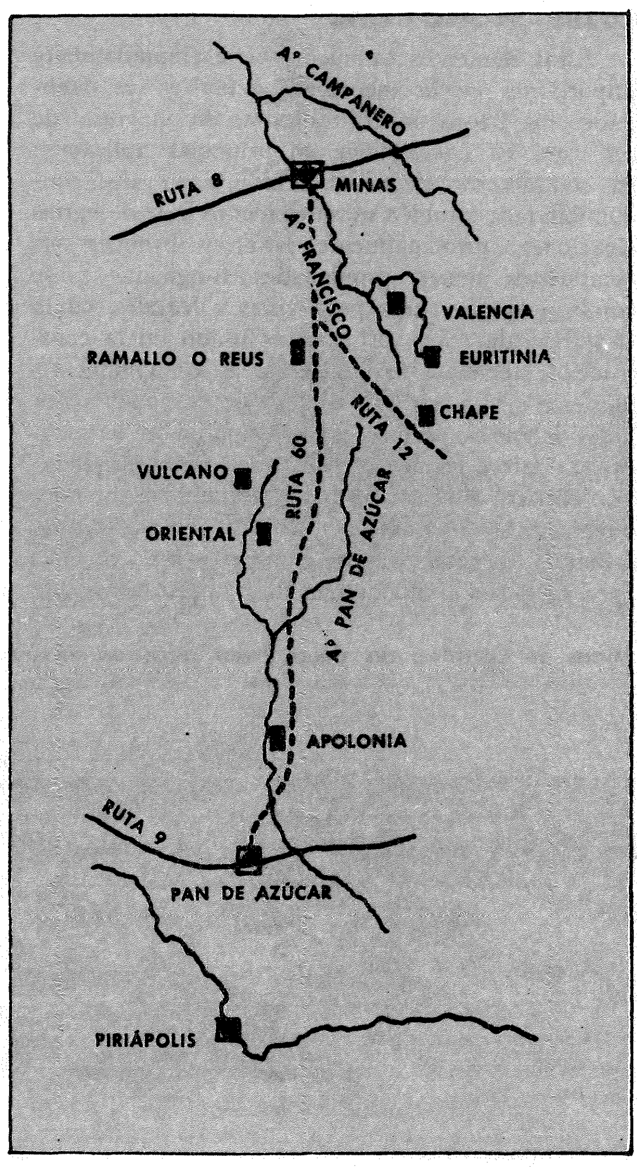
Se trata de elementos químicos muy poco abundantes en la corteza terrestre (cinc: 0,0132 %; cobre: 0,007 %; plomo: 0,0016 %) y su aparición en masas localizadas con concentraciones apreciables está siempre vinculada a fenómenos magmáticos del final de los ciclos orogénicos. El precio más elevado del cobre y su metalurgia relativamente barata permiten explotar yacimientos relativamente pobres (1 a 4 % de cobre) y en consecuencia los yacimientos pueden haberse formado en procesos muy diversos aunque siempre relacionados con fenómenos magmáticos. El plomo y el cinc, en cambio, se explotan exclusivamente en yacimientos hidrotermales.

En nuestro país se conocen varias manifestaciones de minerales de cobre, plomo y cinc, generalmente asociadas entre sí, en la zona de filitas, calizas y cuarcitas que se encuentra entre las ciudades de Minas y Pan de Azúcar. Todas estas mineralizaciones tienen origen hidrotermal, vinculado a un fenómeno magmático no bien definido pero probablemente representado por el macizo granítico que aflora al sur de la ciudad de Minas y por el macizo de la Sierra de Ánimas.

Los minerales son principalmente sulfuros: calcopirita (cobre), galena (plomo) y blenda (cinc). Se encuentran asociados a filones con ganga cuarzosa y calcárea que tienen filitas y/o calizas cristalinas como roca de caja.

En cada una de las mineralizaciones conocidas se han realizado labores superficiales y subterráneas en tres épocas principales: durante la dominación española, en el período 1933-1937 con la financiación de UTE y algunos frustrados intentos durante 1956-1959 (ver mapa de distribución de mineralizaciones).

La zona mineralizada fue objeto del estudio de varios autores, desde Marstrander (1916) hasta Ledoux (1960). Este último realizó una cuidadosa recopilación de información y un detallado trabajo de campo que incluyó la extracción de varias muestras representativas, por lo que las grandes líneas de sus conclusiones aún mantienen vigencia. Cada yacimiento pertenece a una concesión minera que toma nombre propio: "La Oriental", "Vulcano", "Ramallo-Reus", "Chape", "Euritinia", "Valencia", "Apolonia".



Ubicación de los yacimientos conocidos de cobre, plomo y cinc en el área Minas - Pan de Azúcar.

De acuerdo con Ledoux (1960) los distintos yacimientos presentan en general pocas probabilidades de explotación rentable, aunque con características diferenciales que merecen citarse en forma sumaria.

La Oriental. Este yacimiento contiene principalmente cobre y secundariamente cinc. Se trata de un filón de rumbo N 40 E y buzamiento de 70°W, inyectado en filitas.

Las muestras superficiales contienen en promedio 1.3 % de cobre y los minerales son carbonatos básicos (azurita y malaquita) fácilmente detectables por sus vivos colores, azul y verde respectivamente.

Aprovechando las galerías existentes se extrajeron también muestras de profundidad, con los siguientes resultados:

Profundidad	% de cobre		
18 m	1.53	1.10	
26 m	0.36	0.32	0.32
29 m	0.91		

La mineralización en profundidad está constituida por calcopirita, blenda, pirita y pirrotina. A medida que se profundiza, aumentan la concentración de pirrotina, la dureza del filón y la proporción de cuarzo de la ganga.

Todas las muestras fueron extraídas en un canal de 1m50 de longitud perpendicular al filón, porque en caso de explotación es ése el ancho mínimo de las galerías; en consecuencia, esa longitud de muestreo es la única que da idea exacta del contenido en metal de la roca extraída en el avance por galería.

No es de esperar mayor concentración a mayores profundidades. El tonelaje bruto a extraer sería de unas 7.000 toneladas, de donde podrían extraerse unas 100 toneladas de cobre metálico. Esto resulta insignificante si se tienen en cuenta los gastos de instalación, que se estiman en unos 200.000 dólares.

Vulcano. El yacimiento proviene de un filón de cuarzo con una mineralización muy débil en una corrida muy corta. Aparecen pequeños cristales de sulfuro de cobre (calcopirita) y carbonato de cobre (malaquita). El yacimiento es tan pobre que no justifica posteriores investigaciones.

Ramallo-Reus. Presenta mineralización principal de plomo, con cinc en menor concentración. Nuevamente los minerales se encuentran asociados a un filón de cuarzo inyectado en filitas. La longitud mineralizada es de 600 mts. con un espesor variable de 0m40 a 1m50. Las mayores esperanzas se cifran en el extremo sur del filón, donde hay posibilidades de encontrar concentraciones económicamente explotables. A una profundidad de 35 mts. existen leyes de 2.2 % de plomo por lo que es aconsejable realizar una nueva investigación más detallada, aunque con la menor inversión posible.

Chape. La mineralización es fundamentalmente de galena (sulfuro de plomo), y blenda (sulfuro de cinc) con muy pequeña cantidad de minerales de cobre. La zona mineralizada tiene apenas unos 300 mts. de longitud con vetas de

poco espesor (0m10 a 0m60). El tenor promedio en plomo es de 1 %. En las condiciones citadas, no se abren esperanzas de explotabilidad rentable para este yacimiento.

Euritina. Presenta una muy débil mineralización de cobre, según puede observarse en las labores de superficie. La falta de datos de profundidad impiden por ahora extraer conclusiones ni plantear recomendaciones.

Valencia. Es un yacimiento de plomo y cinc, asociado a filitas cuarzosas inyectadas en dolomitas metamórficas. Los filones en general son angostos y pobres pero en profundidad hay zonas de varios metros cúbicos con minerales de plomo en una concentración de hasta 5 %. Estas bonanzas pueden dar alguna posibilidad de explotación económica.

Apolonia. Es un yacimiento de plomo, cinc y cobre. En superficie se identifican solamente minerales de cobre. Fueron realizadas labores subterráneas de 200 metros de longitud de donde se extrajo mineral con leyes de hasta 5 % de plomo y 4 % de cinc. La zona mineralizada presenta una extensión demasiado pequeña como para pensar en su explotación rentable sin previos trabajos de investigación más detallada.

Situación actual y perspectivas. Los yacimientos hidrotermales de cobre, plomo y cinc de la zona Minas - Pan de Azúcar presentan las siguientes características:

— corridas escasas (excepto "La Oriental")
— espesores débiles
— mineralizaciones pobres.

No se conoce la fuente generadora de estas manifestaciones hidrotermales, lo que es un factor limitante para su estudio y valoración.

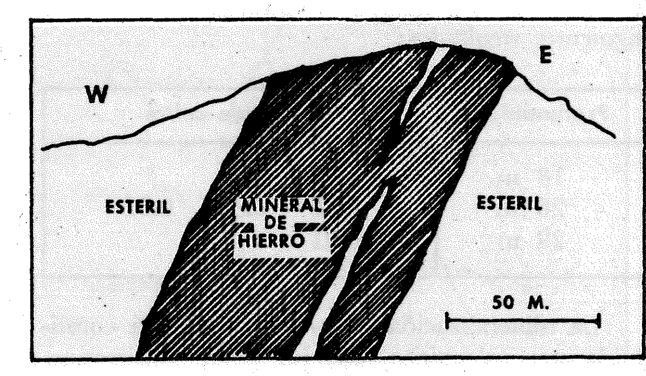
El yacimiento más importante conocido es el de la mina "La Oriental", pues presenta una longitud de hasta 2.400 metros. Sin embargo, su tenor es muy bajo y no justifica su explotación sin la previa realización de importantes estudios para definir exactamente su potencialidad.

Mirando en su conjunto la zona Minas - Pan de Azúcar, resulta llamativa la cantidad de pequeñas manifestaciones de filones portadores de minerales de cobre, plomo y cinc, cada una inexplotable por sí misma. Algunos yacimientos como la mina "La Oriental" y la "Ramallo-Reus" ofrecen más posibilidades, pero siempre dentro de mineralizaciones muy pobres.

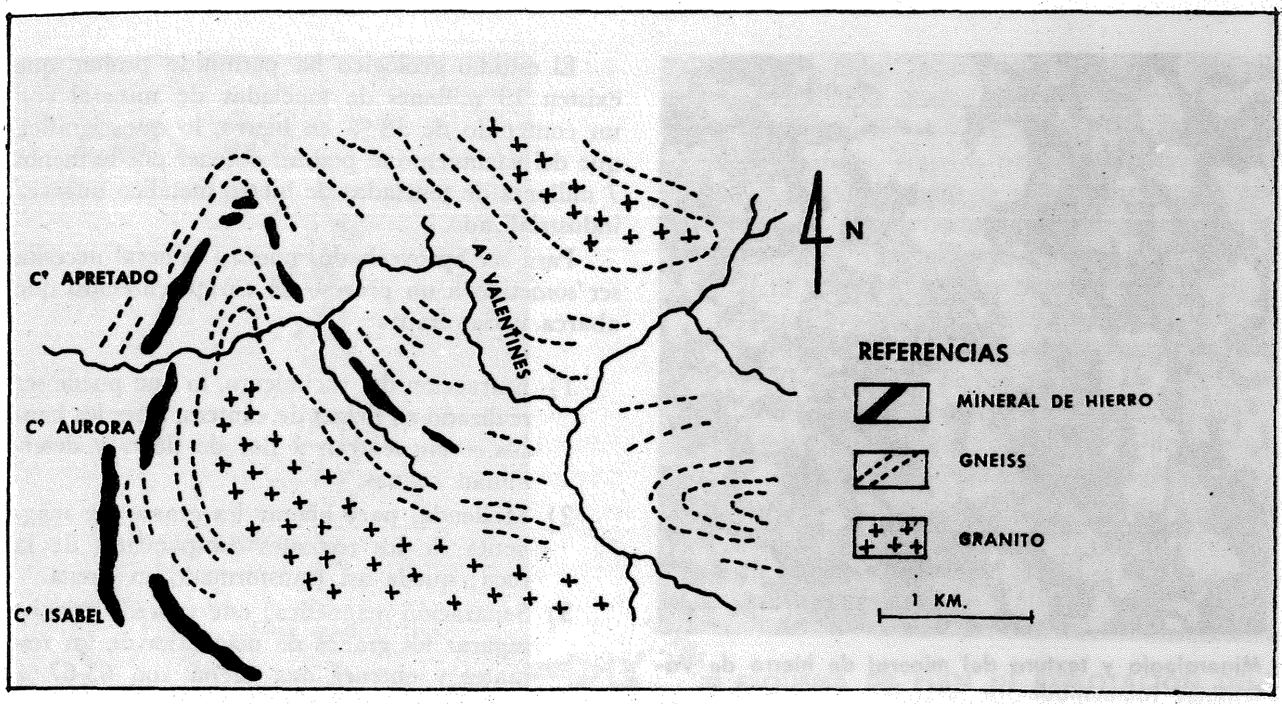
En esta zona se impone un estudio detallado del conjunto, pues es de esperar el hallazgo de nuevos yacimientos y de esa manera se podría llegar a medir en total un volumen de minerales que hiciera rentable su explotación con miras a cubrir nuestras necesidades nacionales.

HIERRO

El hierro es un metal clave de la tecnología moderna. Es el metal base del acero. En la naturaleza no se encuentra en estado nativo sino bajo forma de óxido, combinado con el oxígeno (hematita o magnetita). Para su utilización es necesario transformar los óxidos en metal, mediante un proceso de reducción con carbón en hornos especiales.



Estructura del yacimiento de hierro de Valentines. Corte geológico transversal del cerro Apretado.



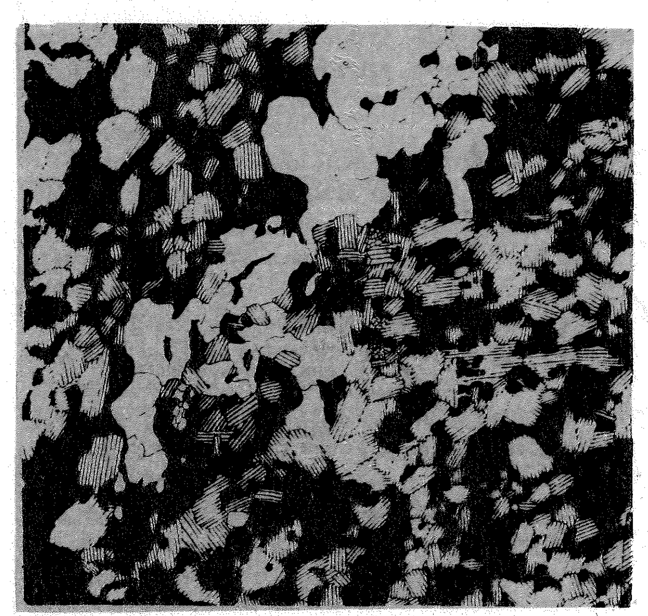
Carta geológica del yacimiento de hierro del arroyo Valentines.

$$_2Fe_2O_3 + {}_3C \longrightarrow {}_4Fe + {}_3CO_2$$

Para el funcionamiento de estos hornos es necesario suministrar mineral con una concentración superior a 60 % de hierro, por lo cual los minerales de esa pureza fueron los primeros en explotarse. Luego se desarrollaron métodos tecnológicos que permiten tratar minerales más pobres y enriquecerlos hasta la concentración adecuada (65 % o más en hierro). Eso hizo posible el aprovechamiento de minerales que hasta hace dos décadas eran inutilizables.

El Uruguay posee yacimientos de volumen importante de este último tipo de mineral, para cuya utilización necesita ser sometido a un proceso previo de beneficiación. El principal yacimiento se encuentra en la cuenca del arroyo Valentines, en el extremo noreste de Florida, a 260 kilómetros de Montevideo. Otro yacimiento importante aún no estudiado se encuentra en los alrededores de Zapucay, en Rivera, a 600 kilómetros de Montevideo.

El yacimiento del arroyo Valentines ha sido objeto de estudios geológicos y económicos suficientes como para asegurar su explotación rentable, por lo que será el único del que nos ocuparemos acá. A la luz de los estudios geológicos de este yacimiento, es posible prever que los depósitos del



Mineralogía y textura del mineral de hierro de Valentines (aumentado tres veces).

departamento de Rivera tienen un volumen igual o mayor que el de Valentines y merecen ser estudiados a la brevedad.

El yacimiento de Valentines se encuentra en bancos de alrededor de 40 a 60 metros de potencia, formando un arco de unos 3.000 mts. de longitud —según puede verse en la carta geológica extraída de Bossi (1968)— y un ángulo de 70° con la horizontal. Estos bancos de mineral son muy resistentes a la erosión y determinan la formación de colinas alargadas, de unos 70 metros de altura sobre el nivel del arroyo Valentines.

La roca portadora del mineral de hierro está compuesta por 32 % de magnetita, 36 % de cuarzo, y 32 % de otros silicatos, en granos de aproximadamente 0.5 mm. Contiene, en promedio, 38 % de hierro.

El estudio geológico ha permitido probar que existen 19 millones de toneladas de mineral con un contenido de 38 % en hierro, lo que significa que del yacimiento se podrán obtener por lo menos 7 millones de toneladas de hierro metálico una vez industrializado.

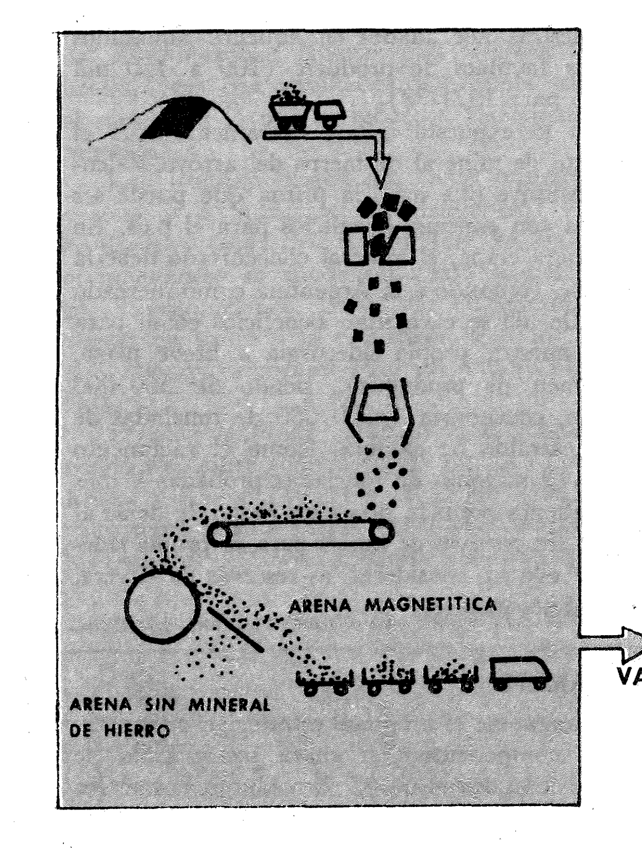
Para ser aprovechado, nuestro mineral necesita ser sometido a un proceso de enriquecimiento que abarca varias etapas:

1) Extracción del yacimiento, lo que puede ser realizado en forma de cantera, pues los bancos se encuentran a flor de tierra y determinan colinas.
2) Molienda, para liberar los granos de magnetita de los restantes componentes de la roca; queda así transformado en arena.
3) Separación magnética; este proceso permite separar los granos de magnetita de los restantes y obtener una arena con 63-67 % de hierro (90-95 % de magnetita).
4) Aglomeración de esa arena enriquecida, en bolillas de 1 a 2.5 cm. de diámetro que se denominan "pellets". Ésta es ya la materia prima que alimenta el horno que la transformará en hierro metálico.

A partir de esta etapa, el Uruguay tiene tres alternativas:

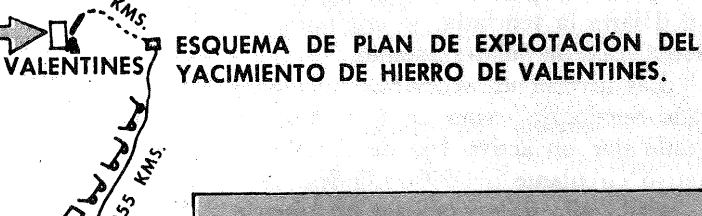
— Exportación de los "pellets".
— Utilización en industria siderúrgica nacional.
— Exportación de "pellets" e industria siderúrgica nacional.

La decisión depende de varias consideraciones: Por un lado la producción mundial actual de minerales de hierro es mayor que el consumo. Pero los "pellets" siempre tienen mercado, pues constituyen

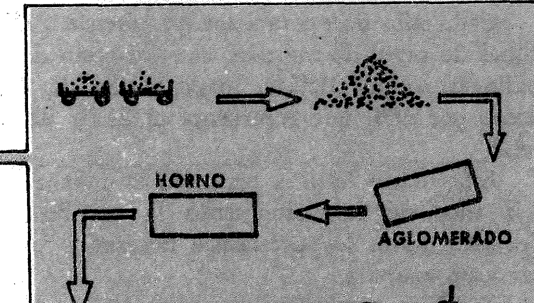


Por otro lado, la Argentina produce anualmente 1:500.000 toneladas de hierro con tendencia a aumentar. Se abastece de mineral casi totalmente importado. Nuestro país no tendría ningún problema desde el punto de vista teórico en la exportación de "pellets" a la Argentina pues el flete nos favorecería ampliamente y le suministraríamos la materia prima al precio mundial más bajo.

En cuanto a la utilización para la industria siderúrgica nacional, nuestro país consume apenas 125.000 toneladas de hierro por año de las cuales sería factible producir en el país sólo unas 75.000. La producción anual de "pellets" se estima en un mínimo de 500.000 toneladas por razones económicas. De modo que una vez abastecidas nuestras



ESQUEMA DE PLAN DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO DE HIERRO DE VALENTINES.



una materia semi-elaborada que ahorra mucho dinero en el proceso siderúrgico y aumenta el rendimiento del horno. A su vez, mientras el mineral en bruto tiene un precio internacional de 7-9 dólares por tonelada, los "pellets" de igual pureza se pagan entre 15 y 16 dólares la tonelada.

necesidades de hierro, sobrarían igualmente unas 350.000 toneladas anuales de "pellets" que deberían exportarse por un monto de 6 millones de dólares anuales.

Durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de 1968, se llevó a cabo un Seminario de Proyectos de Inversión auspiciado por la Universidad, el Banco de la República y la Oficina de Planeamiento y Presupuesto, uno de cuyos temas fue la posibilidad de explotación del yacimiento de hierro de Valentines. El estudio fue llevado solamente hasta la etapa de "pellets" y su exportación, por falta de tiempo suficiente. A pesar de ello, las cifras son muy elocuentes para mostrar la rentabilidad del proceso y la imperiosa necesidad de que se instrumenten inmediatamente lo medios para su explotación.

Sobre la base de fabricación de 500.000 Ton. por año de "pellets", con un precio F. O. B. de 16 dólares la tonelada, se originarían ingresos por 8:000.000 de dólares anuales.

Las inversiones necesarias calculadas por el citado Seminario serían de $ 4.000:000.000 integrado por un activo fijo de 3.400 millones y un activo circulante de 600 millones.

Cada año de operaciones produciría 2.000 millones de pesos de ingresos, con un costo de 1.177 millones, lo que dejaría una utilidad de 823 millones por año, que representa el 21 % del activo total.

Estas cifras básicas permiten estimar que a los seis años de funcionamiento la empresa puede devolver todos los préstamos necesarios para ponerla en marcha.

También se verifica que existe un margen de utilidad no distribuible que permitiría a breve plazo la integración vertical, es decir, que haría posible lograr la instalación del horno para siderurgia nacional que produzca arrabio para satisfacer nuestras necesidades en aquellos laminados y perfiles factibles de producir (100 a 150 mil Ton/año para 1971-72).

Todo lo expuesto indica claramente que el yacimiento de mineral de hierro del arroyo Valentines constituye una materia prima que puede ser explotada con enormes beneficios para el país. En una primera etapa, el mineral concentrado debería exportarse, contando a la Argentina como mercado seguro. De allí se extraerían beneficios como para integrar nuestra propia siderurgia a breve plazo. El volumen de producción, siendo de 500.000 Ton./año, consumiría 1:000.000 de toneladas de mineral extraído de cantera. Como el yacimiento tiene ya 19 millones de toneladas probadas y más de 50 millones posibles, no existe riesgo de dejar al Uruguay sin reservas de hierro para su propia siderurgia. Y ello sin considerar las reservas de Rivera, todavía desconocidas.

MANGANESO

El manganeso es un metal estratégico pues constituye el componente por ahora insustituible de los aceros comunes en un 0.5 % y de muchos aceros especiales en concentraciones que llegan al 13 %. A su vez no es un elemento muy abundante en la corteza terrestre.

Más del 50 % de los yacimientos mundiales de manganeso se encuentran en la URSS y la India. Si a ellos se suma Ghana y África del Sur, suministran el 75 % de la producción mundial de manganeso. En América los productores son Estados Unidos, Cuba y México, que en conjunto representan el 10 % de la producción mundial.

Esta situación explica que los países latinoamericanos hayan sido periódicamente investigados en sus posibles yacimientos de manganeso hasta el descubrimiento del enorme depósito del territorio de Amapá en el Norte del Brasil, a 200 kilómetros del río Amazonas. Nuestro país también fue analizado, pero con resultados por ahora negativos, al menos en lo que se refiere a yacimientos voluminosos.

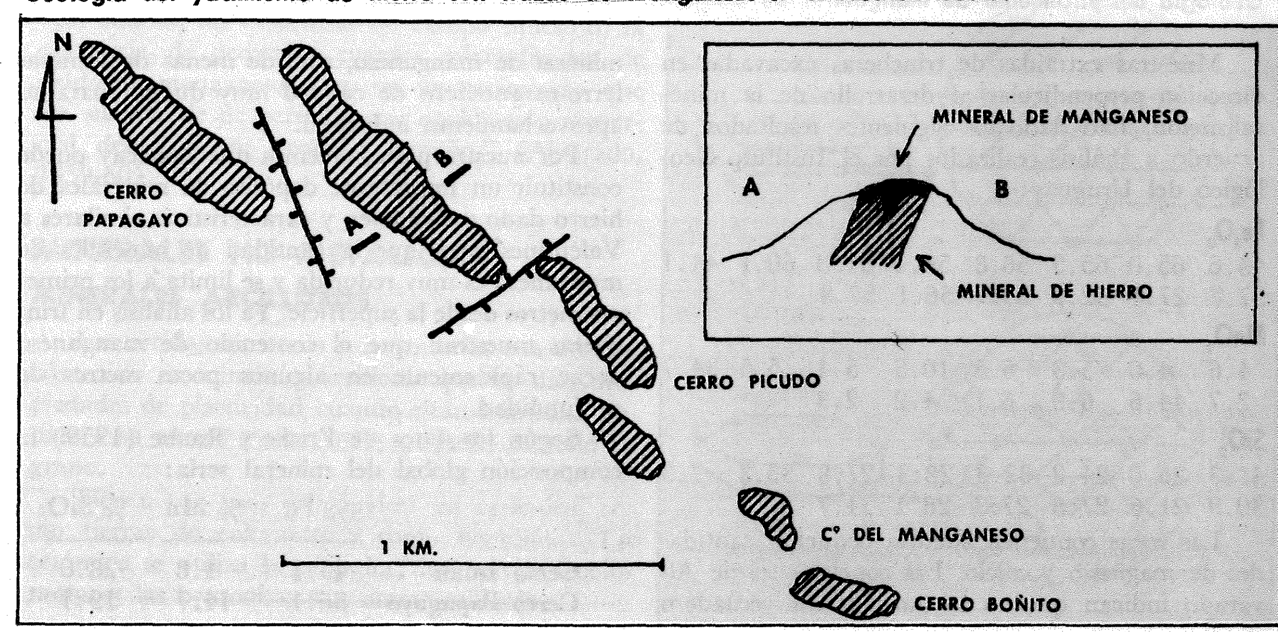
En Uruguay existen dos zonas principales con evidencias de minerales de manganeso: *Zapucay*, en Rivera y *Guaycurú*, en San José. En ambos casos el manganeso se encuentra como óxidos: pirolusita y psilomelanos. Dadas las constantes controversias en torno a la existencia de manganeso en el Uruguay, ofrecemos aquí un estudio algo detallado.

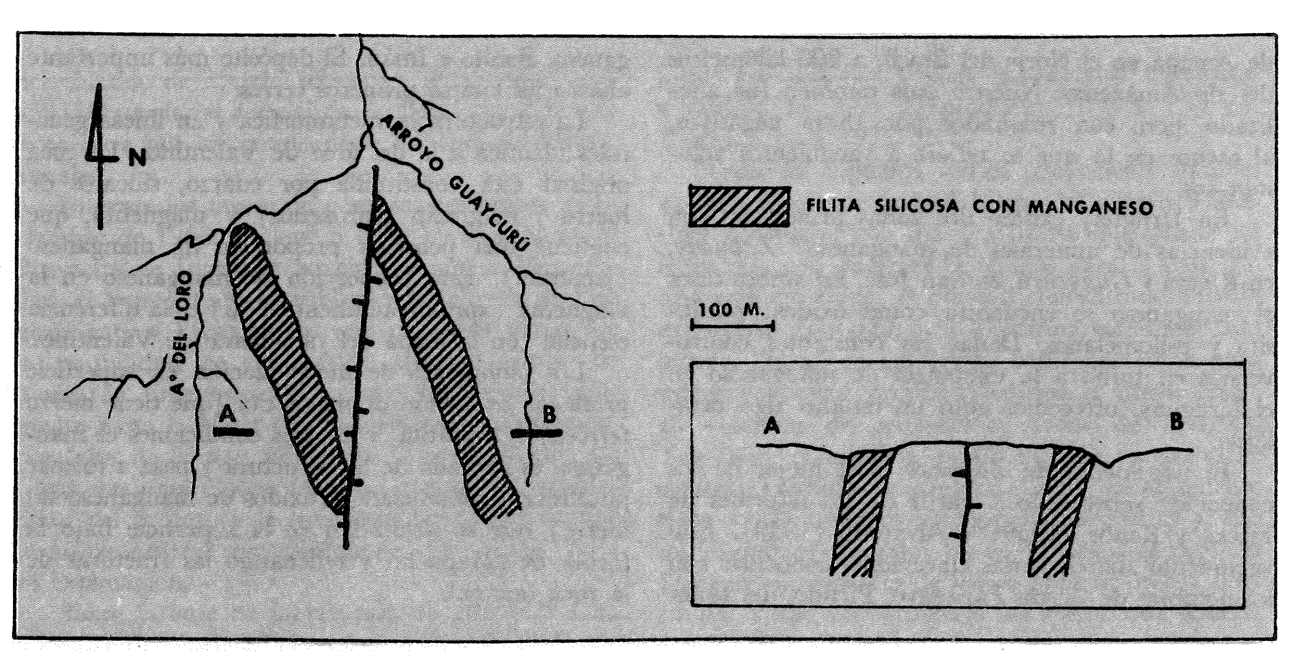
El *yacimiento de Zapucay* es el mejor de los conocidos, sobre todo a partir de los informes de Fricke y Raabe (1959) y Alvarado (1959). Este yacimiento abarca varias elevaciones conocidas con los nombres de Cerros Papagayo, Picudo, del Manganeso, Bonito e Imán. El depósito más importante abarca los cuatro primeros cerros.

La estructura es metamórfica y en líneas generales idéntica a la del área de Valentines. La roca original está constituida por cuarzo, silicatos de hierro y magnesio (piroxenos) y magnetita, que contiene una pequeña proporción de manganeso (jacobsita). Esta proporción de manganeso en la magnetita (aproximadamente 4 %) es la diferencia esencial con la mena del yacimiento de Valentines.

Los fenómenos de meteorización en superficie producen oxidación de magnetita (que tiene hierro ferroso) a hematita, y en esas condiciones el manganeso es liberado de la estructura y pasa a formar pirolusita y psilomelanos (óxidos de manganeso sin hierro) que se acumulan en la superficie bajo la forma de carapacho y rellenando las fracturas de la roca original.

Geología del yacimiento de hierro con trazas de manganeso en el área de Rivera.





Geología del yacimiento de manganeso de Guaycurú (departamento de San José).

Muestras extraídas de trincheras excavadas en dirección perpendicular al desarrollo de la mineralización, han dado los siguientes resultados de acuerdo a análisis realizados por el Instituto Geológico del Uruguay:

Fe_2O_3
43.6 65.0 65.3 58.8 56.1 61.0 60.1 44.1
57.7 27.1 52.9 55.7 56.1 57.9

MnO_2
4.6 4.0 5.3 6.5 10.6 5.1 5.5 34.7
2.7 44.6 6.9 6.1 4.2 2.3

SiO_2
41.3 26.0 24.2 32.3 28.3 27.8 33.3 7.3
30.9 21.6 27.8 27.3 28.1 34.7

Las rocas contienen además pequeñas cantidades de magnesio y calcio. Las conclusiones de Alvarado indican que no se trata de un verdadero mineral de manganeso, sino de menas de mineral ferro-magnesífero de calidad muy dudosa para su aprovechamiento industrial.

Por nuestra parte, creemos que Zapucay puede constituir un importante depósito de minerales de hierro dado su volumen y características similares a Valentines, pero que la cantidad de minerales de manganeso es muy reducida y se limita a los primeros metros desde la superficie. Ya los análisis en trincheras muestran que el contenido de manganeso decae rápidamente en algunos pocos metros de profundidad.

Según los datos de Fricke y Raabe (1959) la composición global del mineral sería:

	% Fe	% Mn	% SiO_2
Cerro Imán	43.1	4.8	28.0
Cerro Papagayo	36.1	14.7	19.1

De acuerdo con ello, ni siquiera el mineral superficial rico en manganeso es apto para el mercado y tendría que beneficiarse. Los mismos autores hacen un cálculo somero de los costos, que sirve para mostrar que la explotación no sería rentable.

Finalmente el volumen de mineral existente se estima en 2 millones de toneladas: es un depósito pequeño, teniendo en cuenta el bajo tenor en manganeso y su distribución tan irregular.

En cuanto al *yacimiento de Guaycurú*, los únicos datos disponibles se encuentran en Alvarado (1959) y fueron obtenidos por J. Caorsi y J. Goñi. En líneas generales, el yacimiento consta de un banco de 200 metros de potencia, separado en dos por una falla bastante importante de rumbo N-S.

El citado autor estima la existencia de unas 100.000 toneladas de las que se podrían recobrar unas 15.000 toneladas de mineral de manganeso de bajo tenor (aproximadamente 35 % MnO_2). "En síntesis, las evidencias de campo muestran la existencia de pequeños cuerpos mineralizados de óxido de manganeso, pero no un yacimiento que sea susceptible de permitir una explotación comercial debido a su pequeño tamaño." (Alvarado, 1959-60).

MINERALES NO-METALICOS

MINERALES ARCILLOSOS

Las arcillas son rocas sedimentarias con un alto contenido en minerales arcillosos que les dan propiedades de plasticidad cuando están húmedas, debido a su estructura interna y pequeño tamaño de grano.

Tienen tres usos principales: en cerámica, como tierras de colorantes y como bentonitas. En cerámica se utiliza la caolinita; las tierras decolorantes y las bentonitas son montmorillonitas.

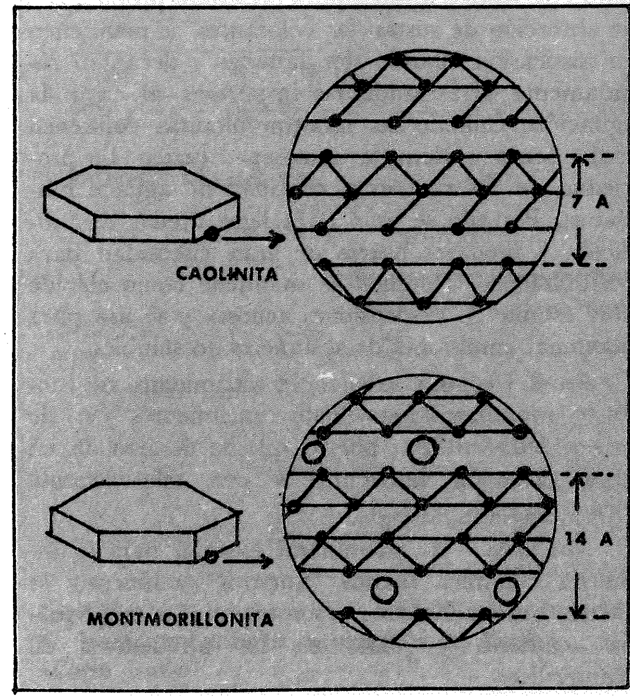
Los minerales arcillosos son esencialmente silicatos hidratados de aluminio o de aluminio y magnesio, cuyos elementos químicos se distribuyen en capas de 0.5 a 1 micra cuadrada de superficie, por un cienmilésimo de milímetro de altura.

El pequeño tamaño natural de los cristales les confiere propiedades coloidales que son la base de sus aplicaciones. Desde el punto de vista mineralógico, se pueden separar tres grupos principales:

Caolinitas, arcillas silico-aluminosas, cuya estructura interna contiene una capa de tetraedros de silicio-oxígeno, unida a una capa de octaedros de aluminio-oxígeno-oxhidrilo.

Illitas, arcillas también silico-aluminosas pero con una capa de octaedros entre dos capas de

Estructura interna de dos minerales arcillosos.



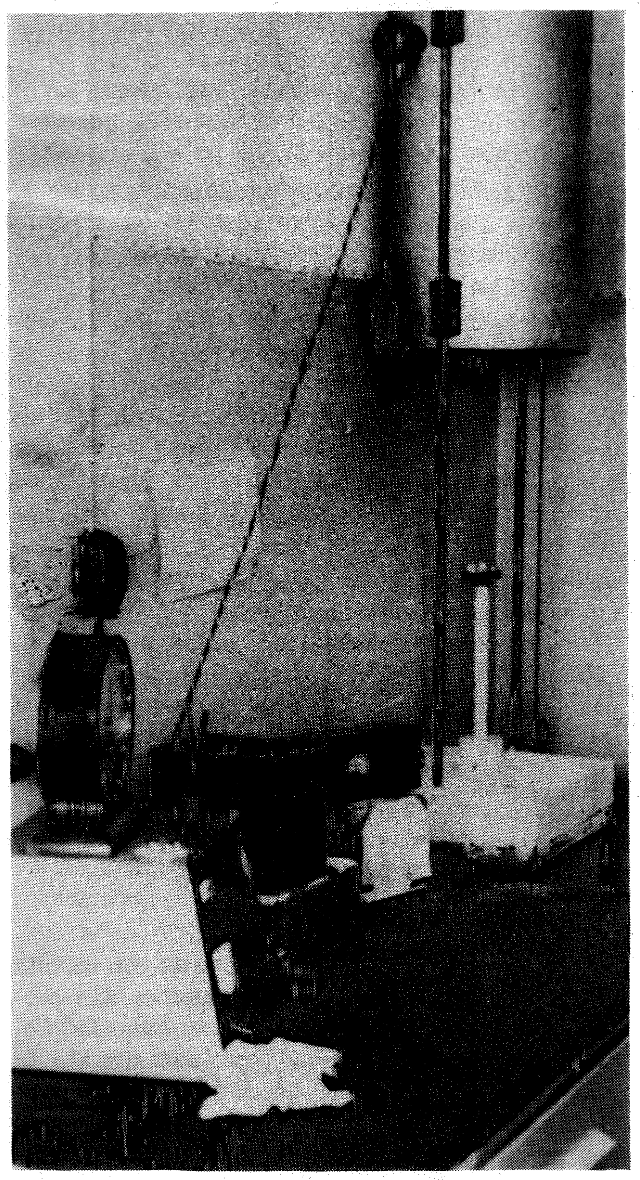
tetraedros como unidad estructural. Las unidades estructurales están unidas entre sí por iones de potasio (catión de intercapa).

Montmorillonita, arcillas silico-aluminosas-magnesianas también con dos capas de tetraedros y una de octaedros, pero entre las unidades estructurales se encuentran iones de calcio y/o sodio, rodeados por moléculas de agua.

Su estructura y composición química confieren a la *caolinita* propiedades de plasticidad cuando está húmeda y determinan que no se deforme ni se funda cuando es calentada a más de 1000°C, y a la *montmorillonita* la propiedad de intercambiar el calcio o el sodio que une las distintas capas. Cuando las montmorillonitas tienen hidrogenión como catión de intercapa, poseen propiedades decolorantes de vinos o aceites, pues presentan propiedades de absorción de sustancias colorantes, se mantienen en suspensión cuando son agitadas y decantan rápidamente arrastrando las impurezas al cesar la agitación. Cuando las montmorillonitas contienen sodio como catión de intercapa, tienen la propiedad de absorber gran cantidad de agua e hincharse. Por ello se usan para ligar arenas de fundición y preparar barros de gran viscosidad para perforaciones. También se mantiene como coloide muy estable en suspensiones acuosas y se usa para mantener emulsiones de sustancias no solubles.

En el Uruguay se conocen yacimientos de caolín y montmorillonita. Estos yacimientos son de origen sedimentario, por lo que se desarrollan en gran extensión horizontal y con relativamente escaso espesor vertical.

Caolinita. Es un mineral esencial para la industria cerámica blanca. Nuestros yacimientos se encuentran en Durazno y son explotados en pequeñas canteras y pozos en los alrededores de Blanquillos.



Equipo de análisis térmico diferencial para estudio de minerales arcillosos, de la Facultad de Química.

En realidad, la extensión del yacimiento es enorme, pero no ha sido aún prospectado detalladamente ni tampoco es de calidad constante. La roca rica en caolinita (caolín) se encuentra heterogéneamente distribuida en toda la formación *Cordobés,* que a distintas profundidades se desarrolla en toda la mitad norte de Durazno.

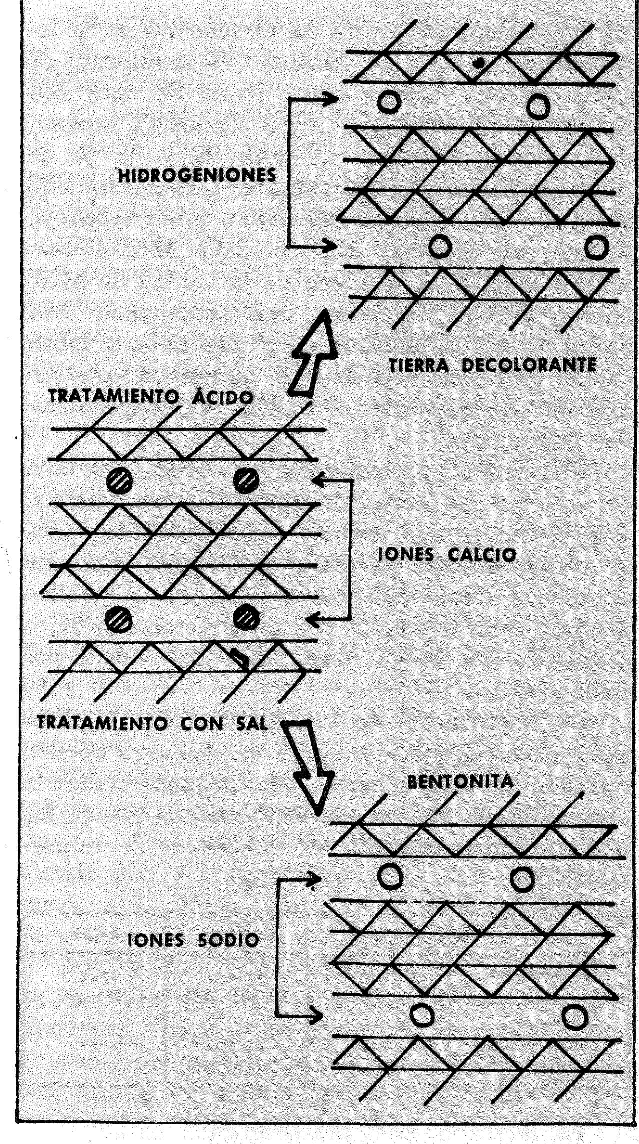
Sólo en el noreste de Durazno aflora o se encuentra a escasa profundidad del suelo, en los valles de los principales cursos de agua: arroyos Blanquillo, Las Cañas, Cordobés.

En general es una materia prima de calidad media, pues posee constantemente óxidos de hierro en las fisuras y un contenido en arenas algo elevado. Hasta el presente, nuestra industria cerámica ha utilizado parte de caolín nacional y ha debido importar una cierta cantidad de caolín para obtener productos de calidad adecuada para nuestro mercado.

Año	Producción de caolín nacional	Importación
1964	484 ton.	1.400 ton. - 70.000 dól.
1965	4.700 ”	1.200 ” 66.000 ”
1967	1.500 ”	1.500 ” 74.000 ”

Abundantes perforaciones realizadas en Durazno permiten observar que existen lentes de espesor variable entre 2 y 8 metros de caolín de gran pureza, que podrían sustituir casi totalmente la importación.

La profundidad a que se encuentran los hace inexplotables pero sirven para justificar una búsqueda más detallada en la zona de Blanquillos, Arroyo Las Cañas, alrededores de la estación La Paloma y en el Valle del Arroyo Cordobés; por lo menos, ello sería perfectamente posible en los tres primeros lugares, que cuentan con adecuadas vías de transporte.



Esquema del proceso de transformación industrial de la montmorillonita de Bañado de Medina (Cerro Largo).

Montmorillonita. En los alrededores de la localidad de Bañado de Medina (Departamento de Cerro Largo) existen varios lentes de unos 200 metros de diámetro por 2 ó 3 metros de espesor, de una roca que contiene entre 90 y 95 % de montmorillonita cálcica. Hasta el presente ha sido estudiado uno sólo de estos lentes, junto al arroyo Bañado de Medina, sobre la ruta Melo-Tacuarembó, a 19 Kms. al Oeste de la ciudad de Melo (Bossi, 1960). Este lente está actualmente casi agotado y se ha utilizado en el país para la fabricación de tierras decolorantes, aunque el volumen extraído del yacimiento es mucho mayor que nuestra producción.

El mineral aprovechable es montmorillonita cálcica, que no tiene ninguna aplicación directa. En cambio es una materia prima excelente para su transformación en tierra decolorante mediante tratamiento ácido (sustitución del calcio por hidrogenión) o en bentonita por tratamiento con sal o carbonato de sodio (sustitución del calcio por sodio).

La importación de bentonita y tierra decolorante no es significativa, pero sin embargo nuestro mercado permite soportar una pequeña industria aprovechando nuestra excelente materia prima. La siguiente tabla muestra los volúmenes de importación:

	1964	1965	1966
Bentonita	10 ton. 900 dól.	180 ton. 30.000 dól.	65 ton. 5.300 dól.
Tierra decolorante	60 ton. 9.000 dól.	13 ton. 2.000 dól.	———

El mercado está prácticamente cubierto en tierras decolorantes.

En un futuro relativamente próximo, se deberán explotar nuestros yacimientos de hierro, que en su etapa de beneficiación requerirán alrededor de 40 toneladas por día de bentonita.

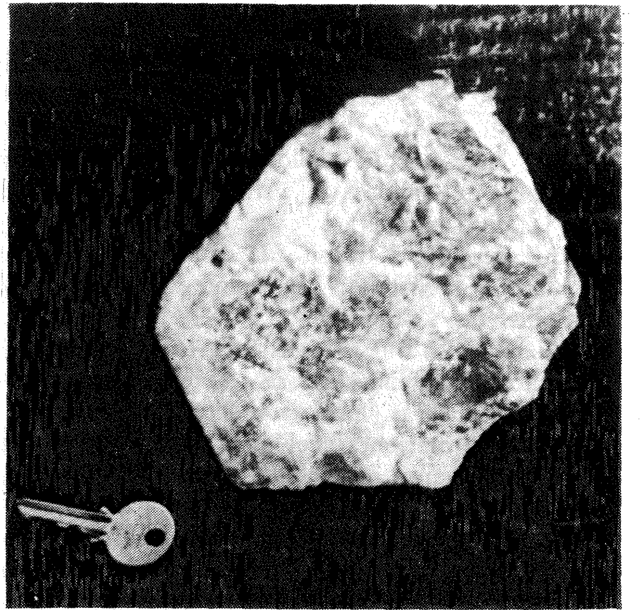
Se hace pues necesario tanto encontrar nuevos yacimientos como poner a punto su técnica de transformación.

MATERIAS PRIMAS SILICATADAS

Este grupo abarca un conjunto heterogéneo de minerales que se utilizan para industrias silicatadas de alta temperatura: vidrio y cerámica. Se incluyen aquí cuarzo, feldespato, esteatita, talco y limos. Estas materias primas satisfacen nuestras necesidades actuales en materia de vidrio, cerámica blanca y cerámica roja. No así la fabricación de refractarios y aisladores. El talco y la esteatita, que servirían para su elaboración, son utilizados en muy pequeña proporción para estos fines. Su principal destino es la exportación, la fabricación de papel, emulsiones y perfumería.

Cuarzo. El cuarzo (óxido de silicio) se utiliza como materia prima en la fabricación de vidrio, principalmente en reacciones con calcio y sodio. Si bien los vidrios presentan una enorme variedad de composición, existen ciertas exigencias de pureza para el cuarzo, lo que hace que no sea utilizable cualquier yacimiento. El óxido de hierro es uno de los compuestos que lo perjudican, por encima de cierta concentración.

El cuarzo es uno de los minerales más abundantes de la corteza terrestre. Sin embargo, se encuentra en general asociado a otros minerales y con tamaño de grano pequeño lo que impide su aprovechamiento industrial, pues su precio no permite procesos complicados de purificación. Eso reduce el campo de los yacimientos aprovechables a dos tipos de origen: filones pegmatíticos y arenas. Los filones pegmatíticos suministran cuarzo de mayor pureza y además otros minerales como subproductos (feldespatos, berilo, micas, etc.). En cambio son mucho más costosas su extracción y molienda posterior. Las arenas poseen siempre cuarzo como mineral dominante, además de muchos otros minerales asociados de los cuales los feldespatos son más comunes; también presentan normalmente un tenor elevado de óxido de hierro. Su explotación y la molienda posterior son muy baratas dado el grado natural de división en que se encuentra.



Cristal de berilo del departamento de Colonia. (Colección de la Facultad de Química.)

Como materia prima para vidrio en nuestro país, se utiliza cuarzo de dos fuentes: 1) Cantera del Cerro Pelado, unos 3 Kms. al Sur de la ciudad de Florida y 2) arenas cuarzosas del Pinar, cuando contienen menos de 15 % de feldespato; si la proporción es mayor, se incorpora un porcentaje demasiado elevado de aluminio.

La producción anual de cuarzo en el Uruguay es de 350 toneladas que provienen de Florida (Cerro Pelado).

El Uruguay es un país privilegiado en materia de cuarzo. Posee enormes filones de pegmatita en buena parte del área de subsuelo cristalino: Flores, Florida, Colonia, Soriano. También tiene enormes depósitos de arenas, aunque no siempre de la pureza requerida. Esto implica que el Uruguay puede ampliar la industria del vidrio en proporción importante. Además la mayor explotación de cuarzo traería aparejados otros beneficios. Las pegmatitas, en general, contienen una pequeña cantidad de minerales raros que tienen elevado precio en el mercado. Así por ejemplo, en el filón pegmatítico intermitentemente explotado a orillas del arroyo Miguelete, en Colonia, aparecen esporádicos cristales de berilo, algunos de más de dos kilos. Este berilo no sirve como piedra preciosa, pero en cambio es la materia prima para fabricación de berilio, metal muy apreciado por su baja densidad para aleaciones livianas con aluminio; actualmente interviene en la industria nuclear y para aleaciones especiales. La producción mundial anual es de sólo 15.000 toneladas lo que da una idea de la importancia que puede tener incluso una pequeña producción. Tal vez no sea rentable su explotación directa por la irregularidad de su aparición, pero puede serlo como subproducto de la explotación de cuarzo y feldespato en filones pegmatíticos.

Feldespatos. Los feldespatos son una familia de minerales que contienen silicio y aluminio como elementos componentes constantes y potasio, sodio o calcio que varían según las distintas especies. Son dos los feldespatos potásicos comunes: ortosa y microclina. El feldespato sódico se llama albita: el cálcico, anortita. Entre estos dos últimos hay toda una serie de feldespatos que contienen cantidades variables de sodio y calcio.

Los feldespatos potásicos (ortosa y microclina) y el sódico (albita) se utilizan en cerámica, loza, porcelana y esmaltes. La albita se usa también para ciertos vidrios. Los feldespatos con calcio son indeseables.

El tipo de yacimiento universal para su explotación son los filones de pegmatita donde se desarrollan enormes cristales fácilmente extraíbles en buen grado de pureza.

En el Uruguay se utilizaron 1.260 toneladas en 1967 de feldespato, principalmente potásico, proveniente de la cantera del Cerro Pelado en Florida, y del Km. 27 de la ruta 6.

Talco y esteatita. El talco es un silicato de magnesio hidratado que cristaliza en laminillas muy finas. La esteatita es el mismo mineral pero masivo. Sus usos principales se encuentran como aditivos en las industrias del papel, textil, del caucho; también se utiliza en perfumería y para la fabricación de aisladores eléctricos, quemadores y refractarios.

En general su origen está asociado a series metamórficas ricas en magnesio; de allí su frecuente asociación con cloritas y dolomitas. Debido a su origen, sus yacimientos son en general en forma de lentes con sus ejes mayores en un plano próximo a la vertical y de extensión limitada.

En el Uruguay su explotación se ha realizado fundamentalmente en dos zonas:

— Arroyo Miguelete, "mina Narancio", en el departamento de Colonia.

— Orilla del arroyo Los Tapes, 15 Km. al Oeste de Mariscala, en Lavalleja.

El talco extraído de "Mina Narancio" es en general de excelente calidad. Es un talco de gran pureza y cristalizado en finas laminillas, que en piedra adquiere un típico tono verdoso algo translúcido. La producción anual es de 2.600 toneladas de las cuales un alto porcentaje se exporta a la Argentina.

El talco de los Tapes es de calidad inferior, su distribución no es todavía bien conocida y no existen adecuadas vías de acceso al yacimiento, todo lo cual hace que su explotación sea intermitente y que no se conozca la verdadera potencialidad que justifique siquiera la construcción de un camino que permita el tránsito de camiones. No existe producción registrada. Su calidad es inferior a la del talco de Colonia.

Limos. En nuestro país toda la cerámica roja (ladrillos, tejas, macetas) se elabora con un limo de edad cenozoica (formación *Libertad*) que cubre todas las formaciones geológicas más antiguas en los departamentos de Colonia, San José, Montevideo, Canelones y Maldonado. Se trata de un sedimento que contiene 40 % de arena (granos mayores a 0.05 mm), 30 % de limo (granos entre 0.05 y 0.005 mm) y 30 % de arcilla (partículas inferiores a 0.005 mm). Localmente puede contener hasta 20 % de carbonato de calcio, disminuyendo proporcionalmente los otros constituyentes. Para su uso en cerámica no debe tener carbonatos. Es una materia prima que contiene prácticamente la composición necesaria para la pasta cerámica; sólo debe agregarse arena y cáscara de arroz en pequeñas proporciones. Tiene sin embargo un pequeño problema cuando se desea secar rápidamente, pues la arcilla componente se dilata con la humedad y se cuartea con un secado rápido. Algunos ensayos de laboratorio mostraron que el agregado de una pequeña cantidad de caolín impuro o de talco molido permitía aumentar sensiblemente la velocidad de secado sin riesgo de resquebrajamiento, lo que es importante cuando se desea aumentar la producción.

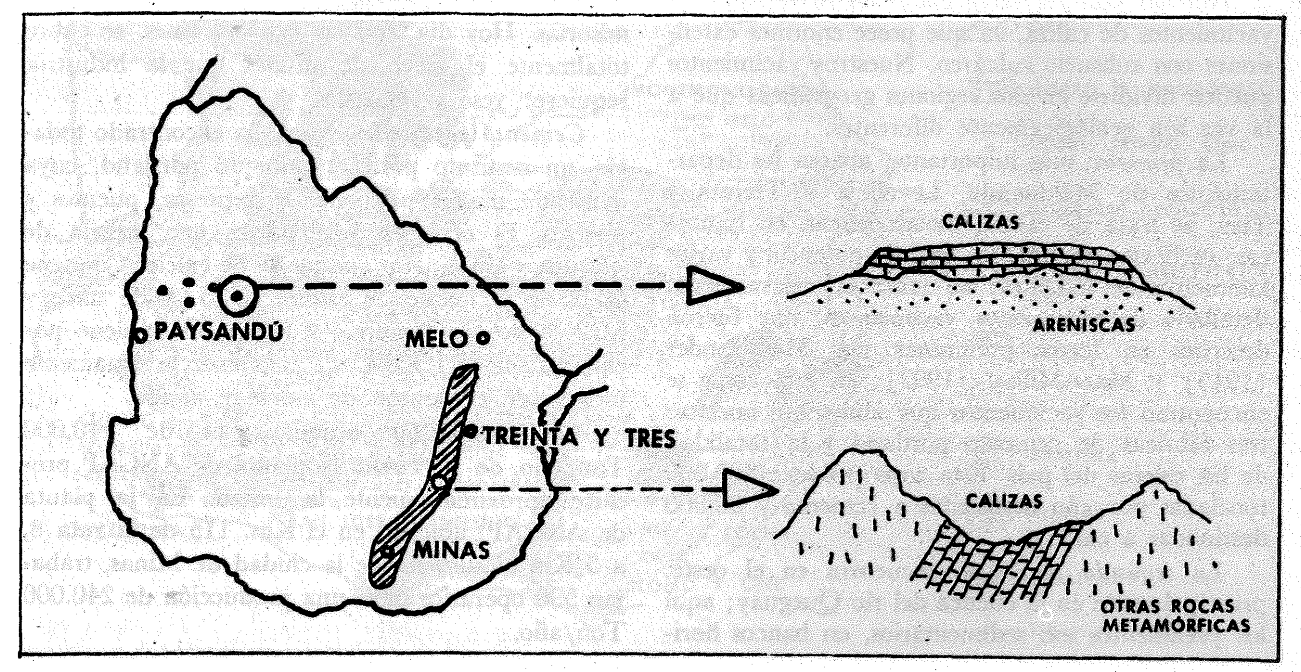
En nuestro país se explotan en los alrededores de la ciudad de Maldonado, en el Km. 37 de la ruta 1 (Dpto. de San José) y en Carrasco (Dpto. de Montevideo). Actualmente, con la construcción estacionaria nuestras necesidades se cubren plenamente. De cualquier manera, esta materia prima se puede considerar inagotable a cualquier ritmo de construcción.

CALCAREOS: CALIZAS Y DOLOMITAS

Calizas. Las calizas son rocas compuestas por un alto porcentaje de carbonato de calcio. La calcita es el principal mineral constituyente. Se originan en superficie por precipitación de carbonato de calcio con varias impurezas, por reacción entre el calcio iónico en las aguas superficiales con el anhídrido carbónico del aire. Hay dos ambientes principales de sedimentación: lagunas y mares. En las lagunas se deposita por desecación; en los mares por un proceso más complejo. En el agua de mar el calcio se encuentra disuelto al estado de bicarbonato, en presencia de exceso de anhídrido carbónico, también disuelto. Para que precipite como carbonato de calcio, debe producirse eliminación del anhídrido carbónico, lo que se opera por dos procesos principales: consumo por los vegetales o acción de una corriente marina de temperatura elevada.

$$CO_3Ca + CO_2 + H_2O \rightleftharpoons (CO_3H)_2Ca$$

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y ESTRUCTURA GEOLÓGICA DE LAS CALIZAS URUGUAYAS



Al eliminarse el anhídrido carbónico del medio, el equilibrio se desplaza hacia la izquierda de la ecuación. Las calizas marinas pueden sufrir un proceso metamórfico posterior si fueron sedimentadas en una zona inestable que sufre hundimiento.

Las calizas se usan principalmente como materia prima para la fabricación de cal y cemento portland. Para cualquiera de los dos casos debe poseer elevada pureza y sobre todo no presentar magnesio por encima de ciertos límites.

Para cemento portland se requieren calizas de la siguiente pureza:

CO_3Ca	78 %	mínimo
CO_3Mg	6 %	máximo

Para la cal las exigencias son:

CO_3Ca	95 %

Nuestro país es privilegiado en lo referente a yacimientos de caliza, ya que posee enormes extensiones con subsuelo calcáreo. Nuestros yacimientos pueden dividirse en dos regiones geográficas que a la vez son geológicamente diferentes.

La *primera*, más importante, abarca los departamentos de Maldonado, Lavalleja y Treinta y Tres; se trata de calizas metamórficas, en bancos casi verticales de 200-300 mts. de potencia y varios kilómetros de longitud; no existe un relevamiento detallado de todos estos yacimientos, que fueron descritos en forma preliminar por Marstrander (1915) y Mac Millan (1933); en esta zona se encuentran los yacimientos que alimentan nuestras tres fábricas de cemento portland y la totalidad de las caleras del país. Esta zona produce 800.000 toneladas por año destinadas a cemento y 80.000 destinadas a cal.

La *segunda* región se encuentra en el oeste, principalmente en la cuenca del río Queguay; aquí los yacimientos son sedimentarios, en bancos horizontales aislados, de 30-50 mts. de potencia, cubriendo cada yacimiento individual pocos Km^2 de superficie; estos depósitos constituirán la materia prima de la fábrica de cemento que ANCAP instalará en Paysandú durante 1969; se espera que comience su producción ya en 1970.

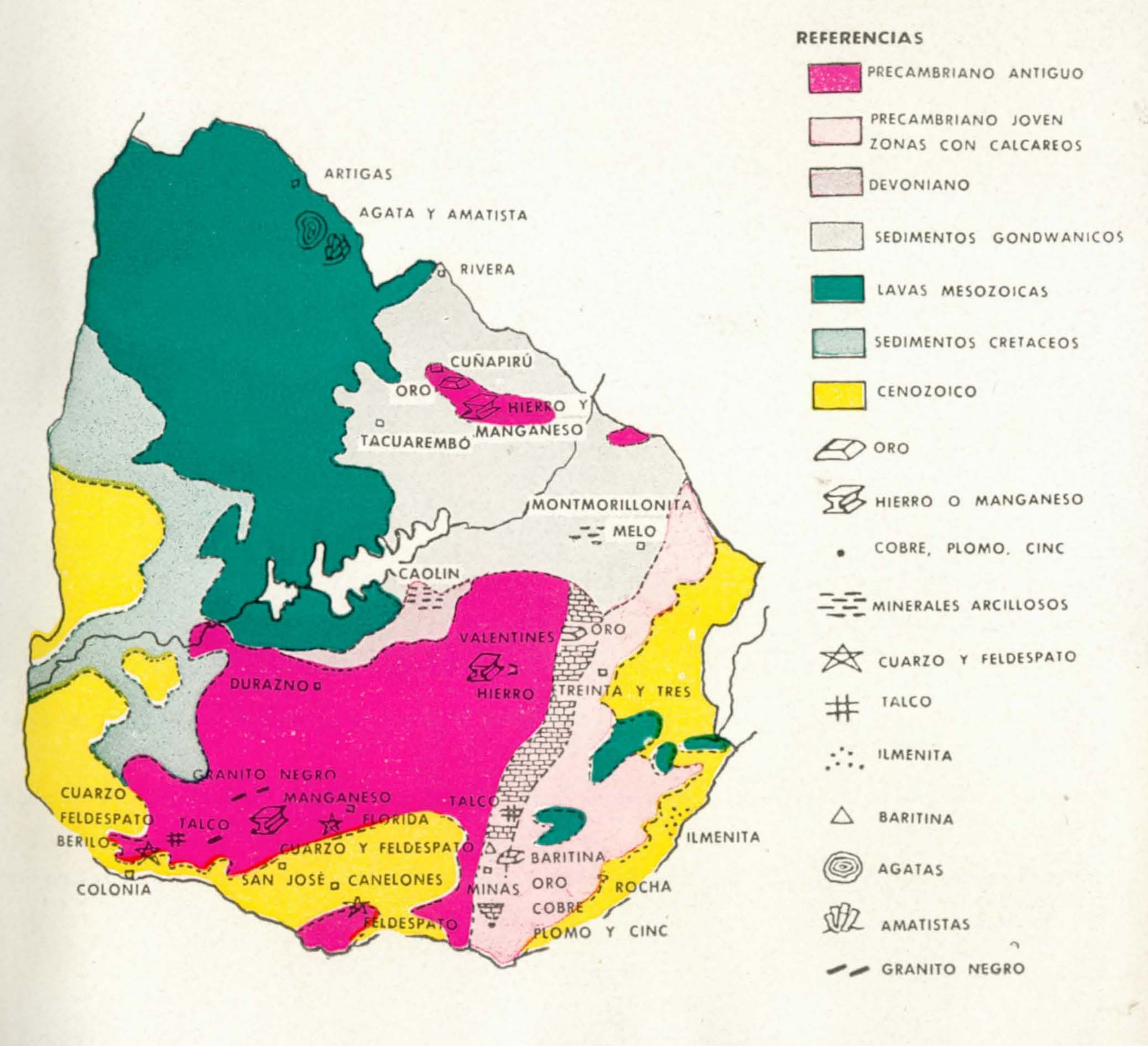
Nuestra posición es, además, altamente favorable con respecto a Argentina y Brasil, que no tienen reservas ni plantas suficientes para satisfacer sus respectivos mercados.

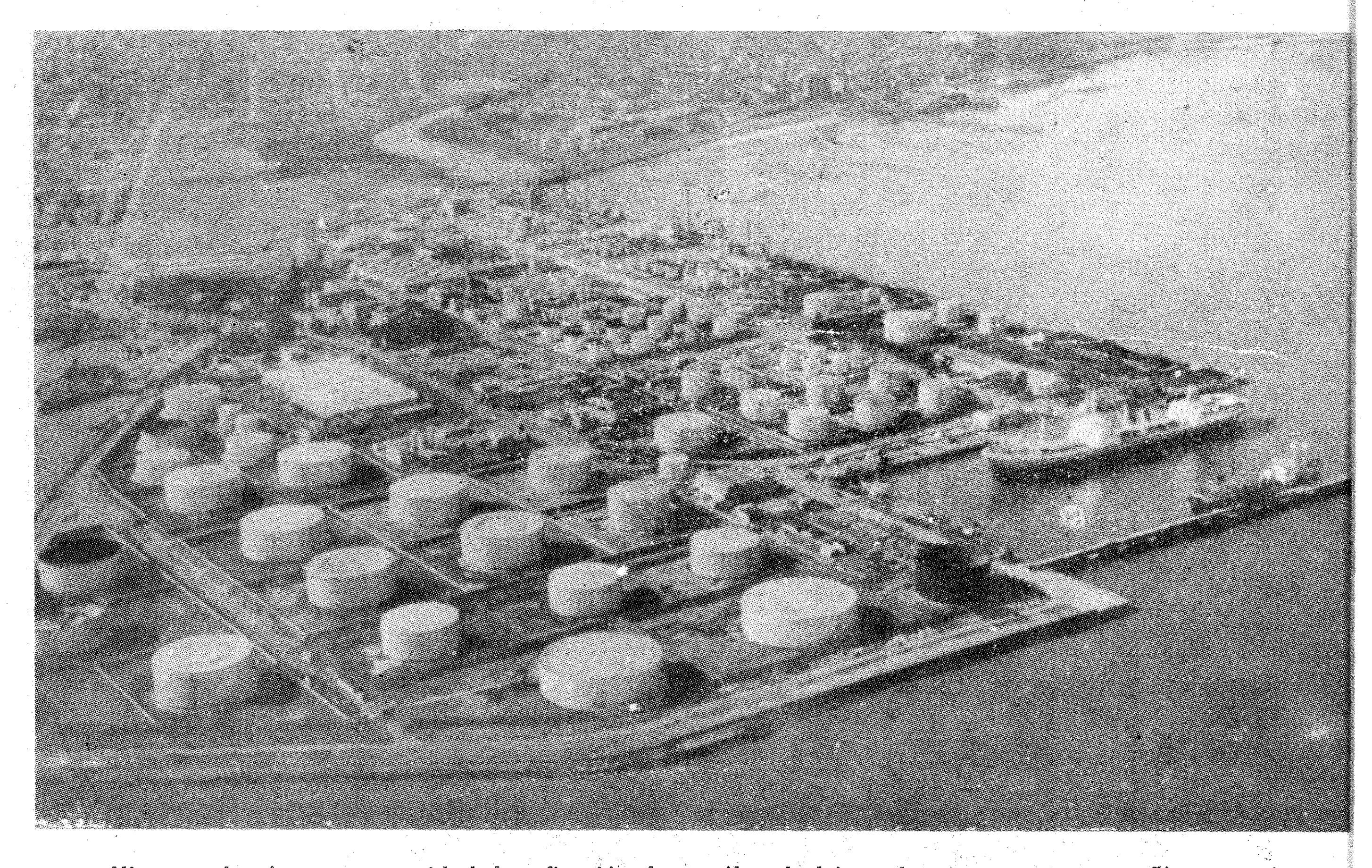
La explotación de cemento portland a Brasil ha comenzado en forma significativa en 1963 y durante 1968 se ha exportado por ANCAP el monto récord de 100.000 toneladas. El mercado argentino, cerrado durante un largo período, ha comenzado a importar cemento portland uruguayo en noviembre de 1968. Las perspectivas para nuestra industria de cemento portland son, pues, altamente promisorias. Hoy día, con las exportaciones, se cubre totalmente el gasto de divisas que la industria requiere: yeso y repuestos.

Cemento portland. No se ha encontrado todavía un sustituto para el cemento portland, cuya demanda mayor proviene de represas, puentes y puertos. El cemento portland es una mezcla de silicatos y aluminatos complejos de calcio. Contiene 60-65 % de óxido de calcio, 20-25 % de sílice y 5-12 óxidos de aluminio y hierro. Se obtiene por calcinación a 1.500°C de una mezcla finamente molida de carbonato de calcio y arcilla.

La producción uruguaya es de 440.000 Ton/año, de las cuales la planta de ANCAP produce aproximadamente la mitad. En la planta de ANCAP, ubicada en el Km. 115 de la ruta 8, a 5 Km al suroeste de la ciudad de Minas, trabajan 590 operarios para una producción de 240.000 Ton/año.

ESQUEMA GEOLOGICO - ECONOMICO DEL URUGUAY



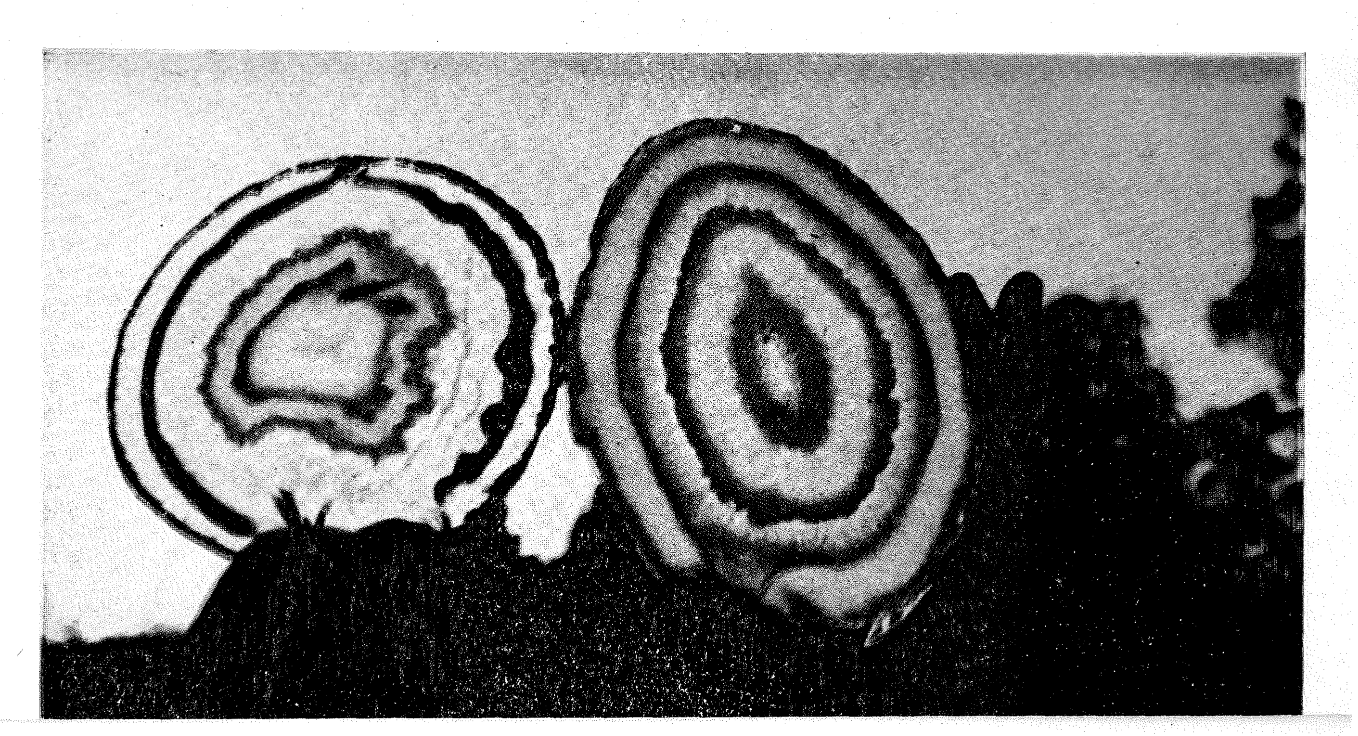


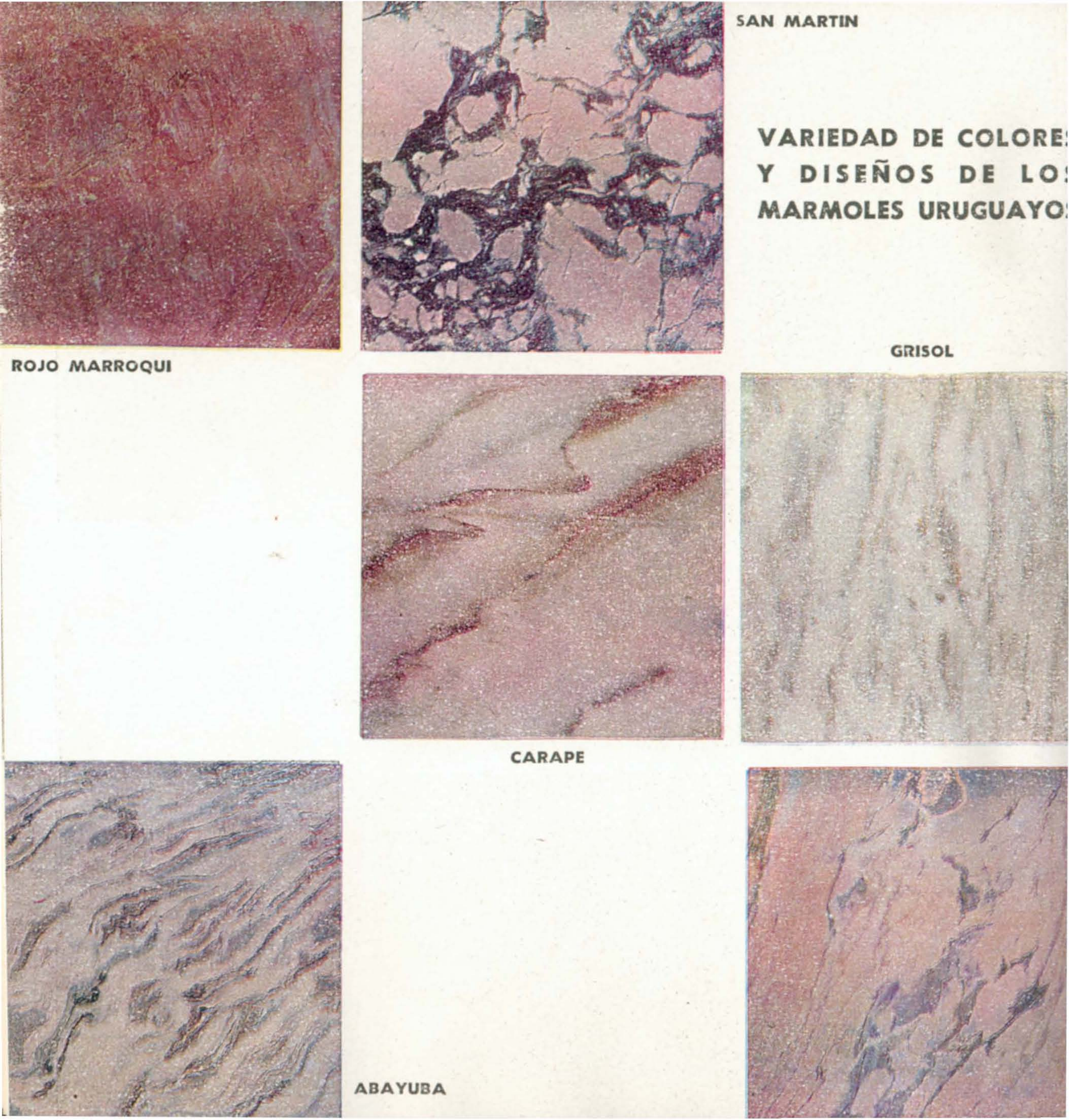
Mientras el país posee capacidad de refinación de petróleo, la búsqueda se entrega a compañías extranjeras, cuyos intereses no son los nuestros.

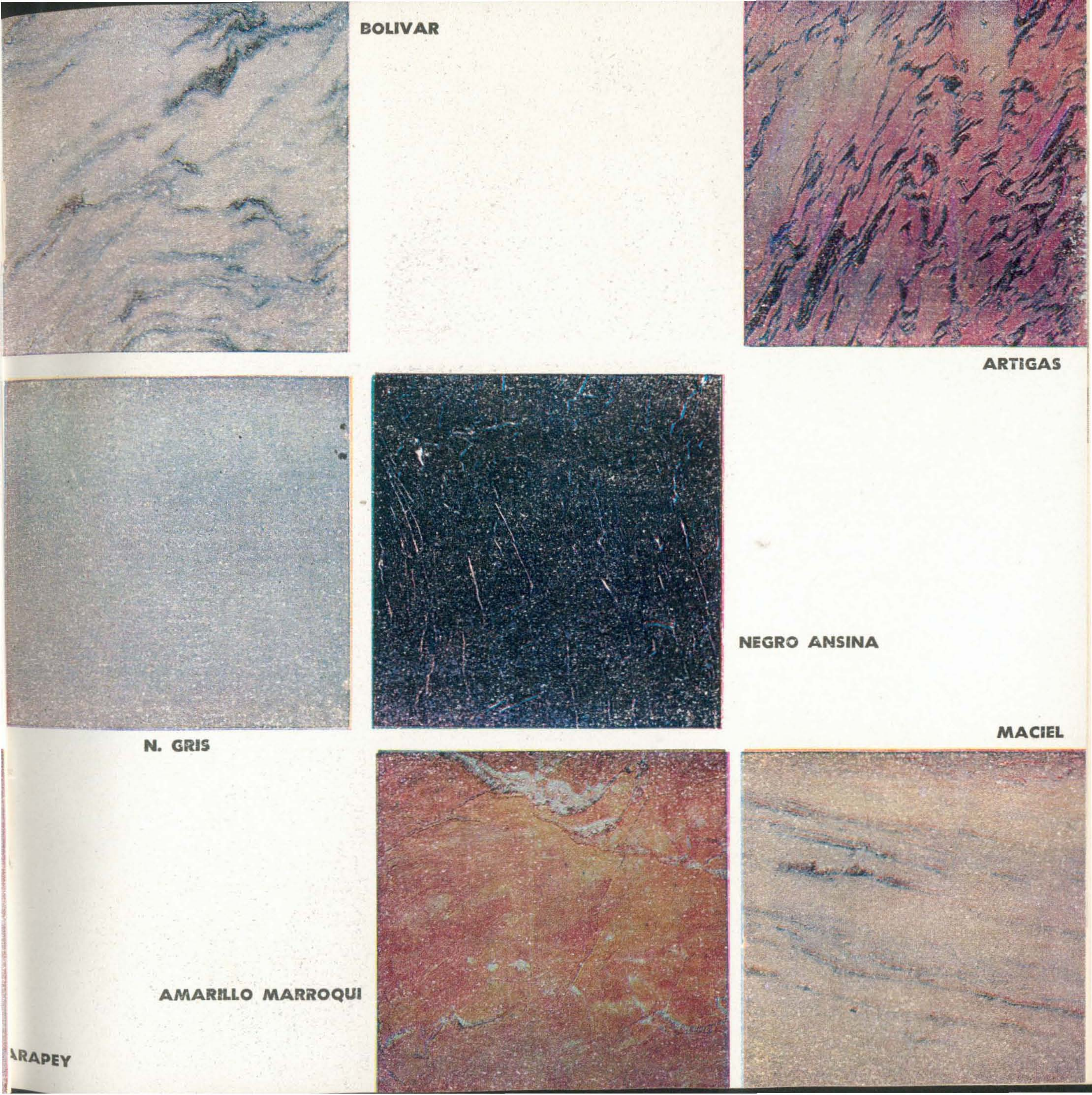
PÁGINA OPUESTA: Ágata industrial y morteros de ágata, valiosos por su dureza y por la incontaminación que garantizan.

ABAJO: Ágatas teñidas, cortadas en piezas de 6 mm. de espesor: excelentes elementos ornamentales de rica coloración.






SAN MARTIN
VARIEDAD DE COLORE
Y DISEÑOS DE LO
MARMOLES URUGUAYO
ROJO MARROQUI
GRISOL
CARAPE
ABAYUBA

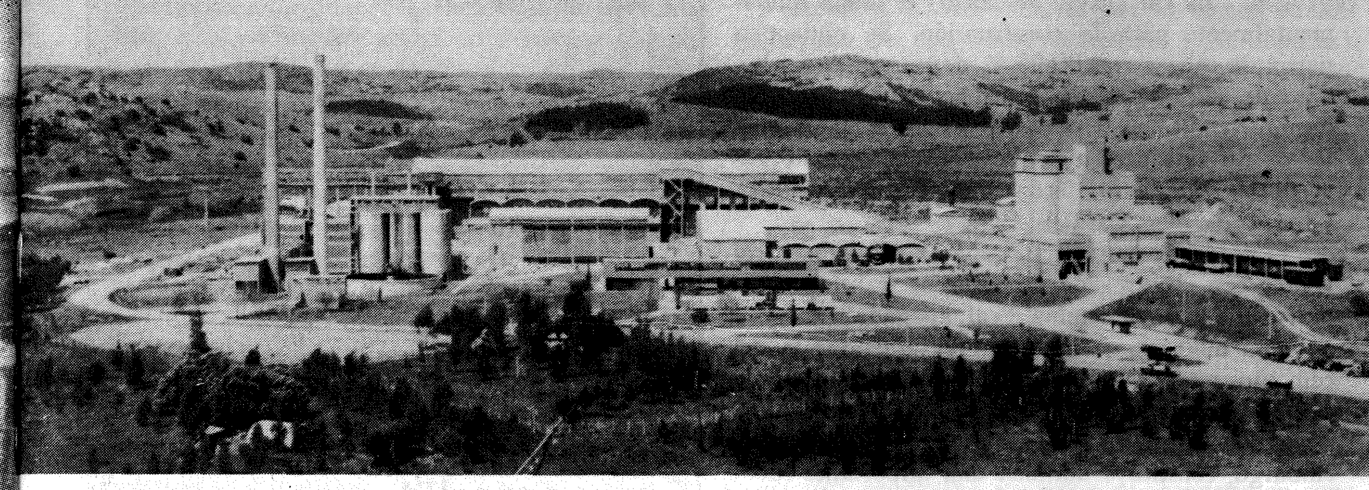

BOLIVAR
ARTIGAS
NEGRO ANSINA
N. GRIS
MACIEL
AMARILLO MARROQUI
ARAPEY



Ceniceros de ágata y dos piezas de ágata bruta.

PÁGINA OPUESTA: La producción de energía por desintegración controlada del uranio ya es una realidad. Planta de energía generada por un reactor termonuclear, en Dounreay, Gran Bretaña.

Hornos de la fábrica de portland de ANCAP, en Minas. Por un extremo, caliza y arcilla; por el otro, el valioso producto.



Planta de cemento portland de ANCAP, en Minas: ejemplo de la capacidad industrial del Estado.

La producción de cemento portland ha sido variable en la última década; ha oscilado según las necesidades del consumo. A partir de 1963, se produce un excedente que se exporta principalmente a Brasil.

Con la instalación de una planta de flotación para beneficiar las calizas, actualmente ANCAP está capacitada para usar materia prima con concentración de carbonato de calcio tan baja como 60 %. Mediante molienda fina y flotación, esas calizas son llevadas a un contenido de 80 % en carbonato de calcio. Éste ha sido un paso más para hacer del Uruguay un país con reservas inagotables de calizas.

La magnífica obra que significa la planta de cemento de ANCAP y nuestras importantes reservas de materias primas, obligan a pensar que una vía inmediata para aprovechar adecuadamente nuestros recursos y nuestra experiencia es la instalación de una nueva planta en el Norte del departamento de Treinta y Tres, una vez instalada la de Paysandú. Los yacimientos de Treinta y Tres no han sido objeto de estudio detallado, pero son de una enorme extensión, y según los datos preliminares reúnen las exigencias necesarias para servir como materia prima para cemento portland. La estructura socio-económica de Treinta y Tres podría ser rápidamente cambiada con la existencia de una fuente de trabajo bien remunerada para 600 familias, en una zona enclavada entre enormes estancias.

Desde luego que algo más modesto, que podría simplemente consistir en un retorno a la situación de diez años atrás en materia de construcción de viviendas, también impulsaría la explotación de nuestras riquezas de calizas. Algunos pueblos, de economía típicamente extractiva, como la localidad de La Plata, en Lavalleja, de 200 habitantes, empiezan a desmembrarse por falta de trabajo: la construcción está paralizada y no trabajan las canteras ni las caleras de la zona.

Cal. La cal (óxido de calcio) es usada fundamentalmente para la construcción. Se obtiene a partir de calizas con 90-95 % de pureza en carbonato de calcio. Nuestro consumo anual promedio, disminuyendo constantemente, es de 40.000 toneladas. Su fabricación se lleva a cabo en hornos verticales donde la piedra caliza es calcinada:

$CO_3Ca \qquad CaO + CO_2$

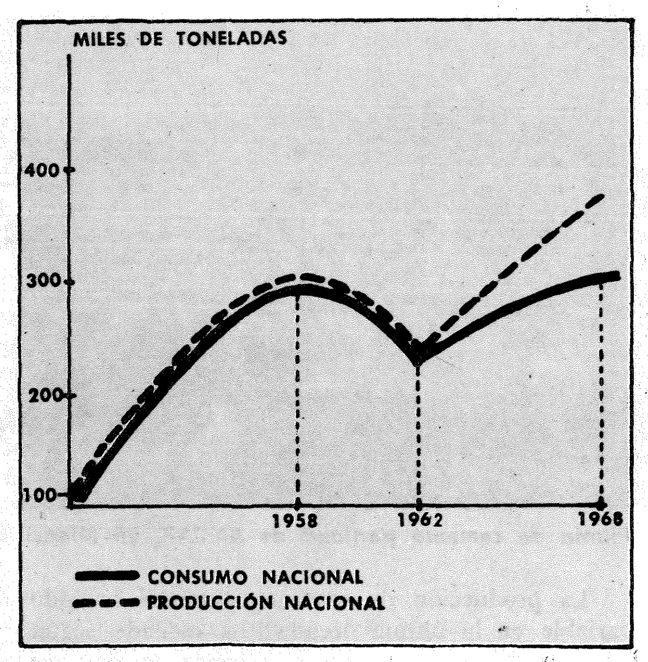
El óxido de calcio resultante se denomina "cal viva"; con el agregado de agua, se transforma en hidróxido y se denomina "cal apagada".

Esta industria es menos importante que la del cemento, pues consume sólo un 10 % del total de calizas extraídas en el país. Además, tiene un desarrollo futuro limitado a nuestro mercado. Sin embargo, constituye también una importante fuente de trabajo que debe ser mantenida y ampliada. Debe además modernizarse la tecnología: introducir el uso de hornos giratorios horizontales, que ahorran combustible y mejoran la calidad del producto terminado.

Dolomitas. Son rocas compuestas por carbonato de calcio y magnesio. En general la industria utiliza sólo las que poseen elevado grado de pureza. Se emplean como materias primas principalmente en dos industrias: como revestimientos de hornos metalúrgicos y para la fabricación de compuestos de magnesio.

Nuestro país posee enormes yacimientos de dolomitas de gran pureza: *Mina Valencia,* al Sureste de Minas, *Zanja del Tigre,* en el límite entre los departamentos de Lavalleja y Maldonado sobre la ruta Nº 12 y *Barriga Negra* sobre las costas del arroyo del Medio.

En el momento actual se explota en Mina Valencia y se exporta a la Argentina, previa molienda y calibrado, para revestimiento de hornos. Asimismo está financiada la instalación de un horno rotatorio para calcinar la roca y transformarla en



Producción y consumo de cemento portland a partir de la inauguración de la planta ANCAP en Minas.

la mezcla de óxidos que es la forma directa de utilización. Se piensa que el horno entre en funcionamiento en el correr del presente año.

La exportación ha sido en general muy importante, desde años atrás, con algunos períodos de inactividad. El precio F.O.B. Montevideo, es de U$S 7.50 por tonelada. Para 1967 la producción fue de 15.000 toneladas, según está registrado en la Inspección de Minas.

También se explota en *Zanja del Tigre,* pero no como producto químico sino mármol (tipo "N", ver materiales de construcción).

Evidentemente la actual explotación de dolomita genera divisas para el país y constituye una fuente de trabajo para 70 familias. Sin embargo

su aprovechamiento no se hace todavía en forma integral. El Uruguay es un país privilegiado por contar con yacimientos de dolomita muy cercanos al océano, lo que permite producir sales de magnesio, sal común, yeso y sales de potasio.

Existen tres principales productos de magnesio de interés comercial: magnesio metálico, magnesita cáustica (óxido de magnesio) y magnesia refractaria (óxido de magnesio calcinado a 1.700°C).

Estos productos se obtienen clásicamente a partir de minerales (magnesita y dolomita) o por concentración de agua de mar. La magnesita contiene 450 K de magnesia por tonelada, la dolomita 200 y el agua de mar sólo 2 K.

Para obtener magnesia del agua de mar es necesaria la concentración por evaporación y agregarle calcáreo calcinado para precipitar el hidróxido:

$$SO_4Mg + CaO + H_2O = SO_4Ca + Mg(OH)_2$$

Cuando el calcáreo es dolomita, las condiciones son óptimas, porque la dolomita disminuye considerablemente el volumen de agua de mar a manejar para obtener la misma cantidad de producto final.

$$SO_4Mg + CaO + {}_2H_2O = SO_4Ca + {}_2Mg(OH)_2$$

En sólo tres países se emplea este procedimiento: Inglaterra, Japón y Estados Unidos, porque la condición básica para su rentabilidad es la cercanía de los yacimientos de calcáreos respecto al mar.

En nuestro país se puede elaborar perfectamente magnesia refractaria (calcinada a 1700°C) que es insustituible como revestimiento básico de hornos de acero, cobre, plomo, etc. La demanda mundial de magnesia (óxido de magnesio) ha sido constantemente creciente:

Promedio 1961-62	862.000 ton
1963	882.500 ton
1964	1:105.000 ton

América Latina importa por lo menos 45.000 Ton/año de magnesias, (cáusticas y refractarias) siendo México y Chile los principales países importadores.

Durante el proceso de evaporación del agua de mar se obtienen como sub productos: sal común, yeso y sales de potasio.

El proceso industrial en su conjunto permite obtener magnesia refractaria para exportación; sal, yeso y compuestos de potasio para sustituir nuestras importaciones.

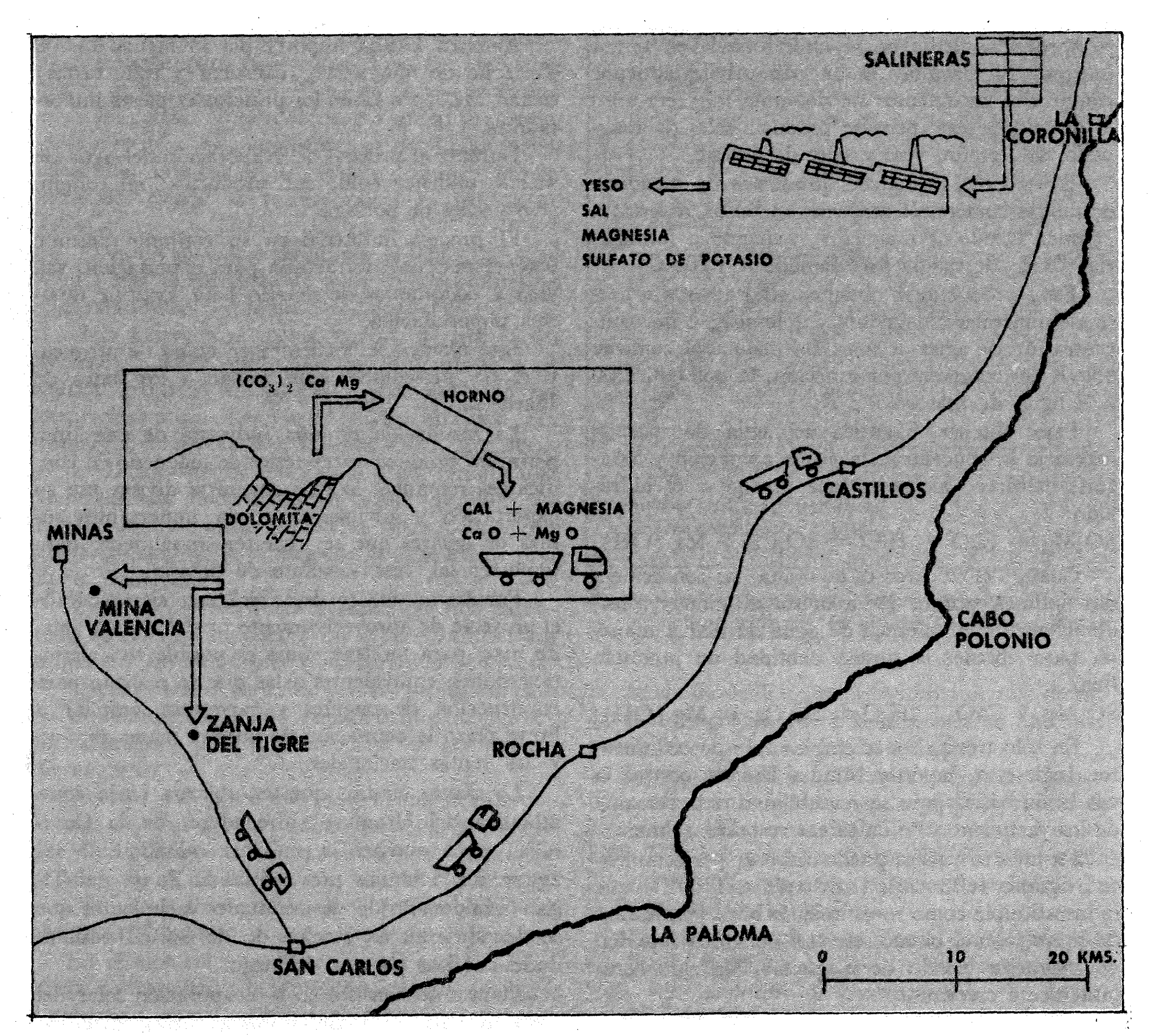
Este planteo se encuentra en etapa de proyecto y se ha presentado aquí tomando los datos de Ibarlucea, H. (1968).

La instalación de una industria de este tipo, permitirá producir compuestos de magnesio en condiciones rentables, lo que generaría divisas por su exportación y además ahorraría importantes sumas de dólares que se invierten anualmente para importar sal, yeso y sulfato de potasio.

Por tal motivo se describirá con cierto detalle el proyecto de aprovechamiento de dolomita y agua de mar, para mostrar cómo es posible con ciertas inversiones, equivalentes a las que se realizan para construcción de puentes y carreteras, ampliar a breve plazo la ocupación de nuestra mano de obra y las rentas nacionales.

La planta tendría que ser ubicada en la costa atlántica del Uruguay (alrededores de la Coronilla) para obtener la máxima salinidad de las aguas. La dolomita provendría de Zanja del Tigre (Maldonado) o de eventuales yacimientos que se descubrieran en Rocha, donde existen posibilidades teóricas para su hallazgo.

El proceso consiste en la evaporación solar del agua de mar en grandes piletas hasta 25°Bé y, luego, la evaporación artificial, pues en nuestro país existen serias dificultades para salinar usando sola-



Esquema del plan de explotación de dolomitas y agua de mar para la producción de magnesia, sal, yeso y sales de potasio. Su exportación representaría al país ingresos por tres millones de dólares al año.

mente energía solar. Se bombearían 5:000.000 de m³ por año.

La evaporación solar se haría en 3 etapas:

- almacenamiento evaporativo hasta 7.5°Bé.
- evaporación hasta 15°Bé con eliminación de
- impurezas (carbonatos).
- evaporación hasta alcanzar 25°Bé con precipitación del yeso.

Luego se haría cristalizar sal en evaporadores con calor generado por combustible; la salmuera restante sería tratada con dolomita calcinada (MgO + CaO) para precipitar el hidróxido de magnesio; en la etapa final se hace precipitar el potasio.

Mediante este proceso se obtendrían:

12.000 Ton/año de yeso
80.000 Ton/año de sal
15.000 Ton/año de magnesia
2.000 Ton/año de sulfato de potasio

Las materias primas serían: 45.000 Ton/año de dolomita calcinada; U$S 400.000/año para importación de combustibles.

El plan de inversiones previsto es el siguiente:

Año	U$S	Inversión Pesos (en U$S)	Tot. U$S	Motivo
1º	100.000	400.000	500.000	Tierras y construcciones
2º	——	300.000	300.000	Ingeniería y construcciones
3º	5:000.000	1:000.000	6:000.000	Equipos, ingeniería y construcciones
			7:000.000	

La mano de obra a utilizar es estimada en 250 personas entre operarios y capataces.

De acuerdo a la producción proyectada se generarían y ahorrarían divisas por los montos anuales siguientes:

Ahorro de divisas por concepto de producción de sal, yeso y sulfato	U$S 1:750.000
Creación de divisas por la exportación de magnesia refractaria	U$S 1:500.000
	U$S 3:250.000
Gasto en moneda fuerte para importación de combustibles	U$S 400.000
Gasto para importación de productos auxiliares	U$S 20.000
	U$S 420.000

Esto indica que el país tendrá un saldo favorable de aproximadamente U$S 2:800.000 por año.

La inversión total, en tres años, sería de 6:300.000 dólares y 330 millones de pesos.

Éste es un buen ejemplo de inversión que puede realizar el Estado, cuyo capital en dólares es recuperado en un plazo tan breve como dos años y que ocuparía 250 operarios en una de las tantas zonas de nuestro país donde existe desocupación.

PIGMENTOS

Nuestro país posee materias primas valiosas para fabricación de pigmentos: ilmenita y baritina.

La *ilmenita,* óxido de hierro y titanio, es la materia prima por excelencia para la elaboración de óxidos de titanio que es el pigmento más blanco y de mayor poder cubriente de cuantos se conocen. La *baritina,* sulfato de bario, es también un pigmento blanco aunque de menor calidad que se puede agregar al blanco de titanio; sin embargo su mayor uso es para la fabricación de litopón, pigmento blanco que contiene 30 % de sulfuro de cinc y 70 % de sulfato de bario.

Existe una pequeña explotación de baritina en los alrededores de la ciudad de Minas. Se trata de yacimientos hidrotermales con pequeñas cantidades de sulfuros cuya ganga es la baritina. En general no se trata de un mineral de gran pureza. En su extracción es arrancada siempre junto a cuarzo y con trazas de sulfuros u óxidos de hierro.

Los yacimientos no son grandes ni resulta fácil su prospección, pero se trata de una materia prima que puede dar lugar a una pequeña industria capaz de cubrir las necesidades nacionales. Debe fomentarse su búsqueda, explotación y beneficiación.

Algunos ensayos realizados en Facultad de Química demostraron que sería rentable el proceso de beneficiación mediante molienda diferencial con bolas de porcelana forradas de caucho —que muelen la baritina y dejan intacto al cuarzo— tamizado y tratamiento ácido oxidante para eliminar el sulfuro de hierro. De aplicarse industrialmente este proceso, aumentaría sensiblemente nuestras reservas en baritina.

Otro mecanismo es la disolución en sulfúrico y, luego, la precipitación. Nuestro país importa anualmente 30 Ton. de sulfato de bario precipitado lo que significa un monto de 5.000 dólares.

Poseemos en cambio extensos yacimientos de *ilmenita* concentrada en arenas en varios lugares de la costa, especialmente en Aguas Dulces, departamento de Rocha. Estos yacimientos recibieron un exhaustivo estudio de los técnicos de ANCAP, quienes llegaron a probar la existencia de un volumen de 3:000.000 de toneladas de minerales densos en arenas con una concentración de 3 %. Estos minerales densos se presentan a su vez en la siguiente proporción:

ilmenita	50 %	rutilo	1 %
magnetita	20 %	monacita	0,6 %
circón	5 %	(resto de silicatos de hierro)	

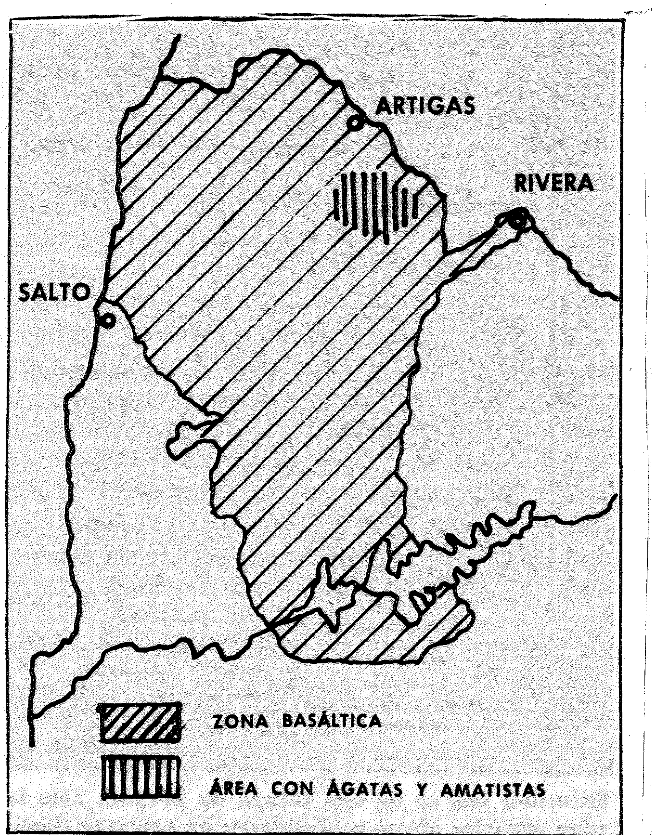
El proceso de aprovechamiento de esas "arenas negras" se debería cumplir en las siguientes etapas:

1. Extracción, beneficiación y separación de concentrados, con lo que se obtiene ilmenita, rutilo, circón y monacita en estado de arena, con elevada pureza.
2. Tratamiento de ilmenita con producción de hierro metálico y escoria titanífera.
3. Obtención de pigmento blanco de óxido de titanio.
4. Obtención de fosfato de sodio, óxidos de tierras raras y óxidos de torio.

Llegando a cumplirse sólo la primer etapa —concentración y comercialización de minerales— el proceso no es rentable por el enorme costo de transporte hasta Montevideo. Sería rentable sólo con la construcción de un puerto en el Este. La inversión para esta etapa, alcanzaría a 3 millones de dólares.

Si se llega a la segunda etapa se obtendrían hasta 36.000 ton. por año de hierro (arrabio) y escoria titanífera de valor comercial muy superior a la ilmenita. Para esta etapa la inversión necesaria sería de 5 millones de dólares.

En la tercera etapa se produciría blanco de titanio además del hierro, es decir, se transformaría la escoria titanífera en blanco de titanio. Para esta etapa se estima, groseramente, una inversión adicional de 2 millones de dólares. Esta etapa es muy difícil de alcanzar pues la fabricación del pigmento blanco está protegida por patentes y hay trusts mundiales de cuya voluntad dependeríamos para obtenerlas. La exportación anual de este producto podría llegar a un monto de 10 millones de dólares, pues es fácilmente comercializable en ALALC.



Área basáltica que individualiza la zona de ágata y amatista.

El cuadro adjunto resume inversiones, exportaciones e importaciones en millones de dólares en las distintas etapas.

	Inversiones	Exportación/año	Importación
concentrado	3	1	—
hierro y pigmento	7	10	1.2

Las cifras son tan ilustrativas que salta a la vista la necesidad impostergable de empezar a plantearse seriamente la explotación de esta riqueza nacional. Llegar a la segunda etapa, hierro y escoria titanífera, ya sería un proyecto rentable, pero la escoria no es fácil de comercializar pues pocas empresas la utilizan. Si la industria no llega hasta la fabricación de pigmento, su financiación se vuelve problemática. Entonces el camino debe ser empezar a investigar sin demora el proceso que transforme escoria titanífera en blanco de titanio para descubrir el método de elaboración sin pagar "royalty".

AGATA Y AMATISTA

Estos minerales son variedades de calcedonia y cuarzo respectivamente, especies de la familia de la sílice; tienen como rasgo común el hecho de estar constituidas por óxidos de silicio (SiO_2).

Se utilizan como materiales industriales o piedras semi-preciosas según sus propiedades. Las variedades de uso industrial se basan fundamentalmente en su resistencia mecánica, sobre todo al rozamiento. Las variedades semipreciosas ofrecen un aspecto muy agradable, una vez talladas.

El Uruguay posee importantes yacimientos en el noroeste del país, en la zona basáltica. Esta zona abarca los departamentos de Artigas, Salto, Paysandú, Río Negro, Durazno, Rivera y Tacuarembó. Sin embargo, son conocidos y explotados exclusivamente en el sureste de Artigas, en la zona de los arroyos Catalán Grande, Chico y Seco, Tres Cruces y Cuaró, en las laderas de las cuchillas Yacaré Cururú, Belén y Catalán. La distribución geográfica del ágata es mucho más extendida que la de amatista y se puede decir que existe en toda la zona basáltica.

En nuestro país su origen está extremadamente vinculado a los derrames de basalto que ocurrieron, durante el Jurásico Superior-Cretáceo Inferior, hace 125 millones de años. Cuando se produce

el derrame de lava, sus gases disueltos tienden a escapar hacia la superficie. Cuando se enfría muy lentamente los gases escapan, pero en las condiciones normales de enfriamiento rápido, quedan dentro de la masa formando cavidades a las que se denominan vacuolas. En una etapa final se producen soluciones calientes (hidrotermales) que contienen diversos elementos químicos disueltos y que al atravesar la roca con vacuolas, los depositan en éstas. Este origen explica que los yacimientos de ágata y amatista del Norte de nuestro país se encuentren en masas redondeadas dentro de los basaltos. Es posible que también se encuentren en fracturas, pues las soluciones hidrotermales depositan sus elementos en todas las zonas huecas que presente la roca que atraviesan.

Estos minerales se vuelven valiosos cuando poseen determinado tamaño, es decir, cuando rellenan cavidades de diámetro superior a 10 cm. Este tipo de cavidades tiene una posición bastante definida dentro de cada colada. Haciendo un esquema generalizante, cada colada de las zonas productoras de ágata y amatista presenta las siguientes estructuras en la posición señalada en la figura adjunta.

Estructura celular con muchas vacuolas de tamaño entre 1 y 10 mm.

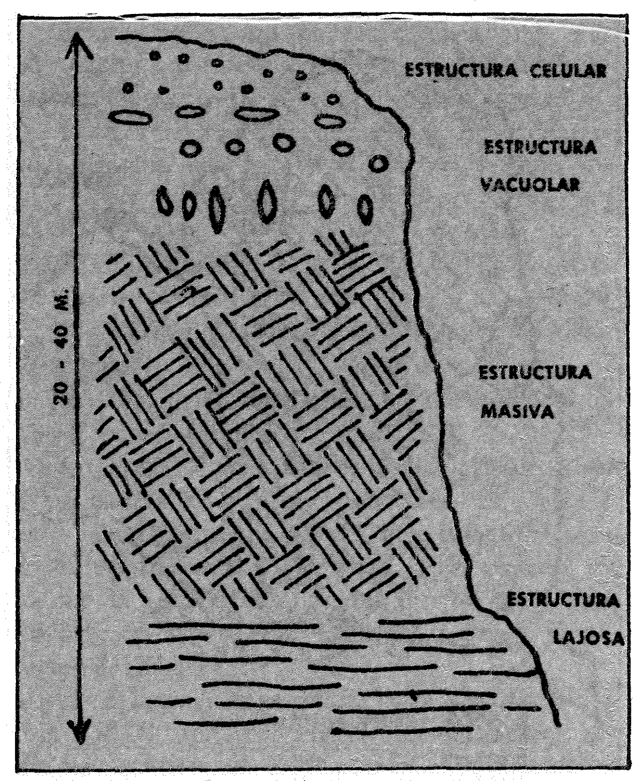
Estructura vacuolar —vacuolas aplanadas
—vacuolas esferoides
—vacuolas tubulares

Estructura masiva

Estructura en lajas

Las vacuolas pueden alcanzar tamaños de hasta 0 m 80 de diámetro.

Nuestros yacimientos son apreciados desde la época de la colonización española. De la Sota (1841) hace mención de las cristalizaciones de la zona del arroyo Catalán y transcribe documentos



Estructura teórica de una colada de basalto. Sólo la zona vacuolar ofrece posibilidades de contener ágata y amatista.

del rey de España de fecha 4 de enero de 1750, por los que ordena destinar dineros de la caja de Potosí para investigar los yacimientos de ágatas y amatistas situados en la Banda Oriental, según recomendación de su ensayador y lapidador, quien certifica la bondad y hermosura de las piedras recibidas de esta zona.

Reyes (1830) cita también la existencia de amatista y ágatas en la zona de los arroyos Catalanes y Pintado, que "se extraen en abundancia para el exterior, particularmente para el Báltico, los estados del Solwerein..."

Fernández y Miranda (1920), señalan que las primeras explotaciones organizadas datan de 1844 y fueron debidas a un alemán llamado N. Eifler. Posteriormente otros alemanes intervienen también en el comercio de piedras finas: C. y J. N. Schuch y M. Bécker. Todas las gemas son enviadas a Europa para su tallado y pulido.

En época más reciente se debe citar los nombres de Wiesse, Kuntze, Deer, Wild, Wilde, Schipper y Bécker entre otros.

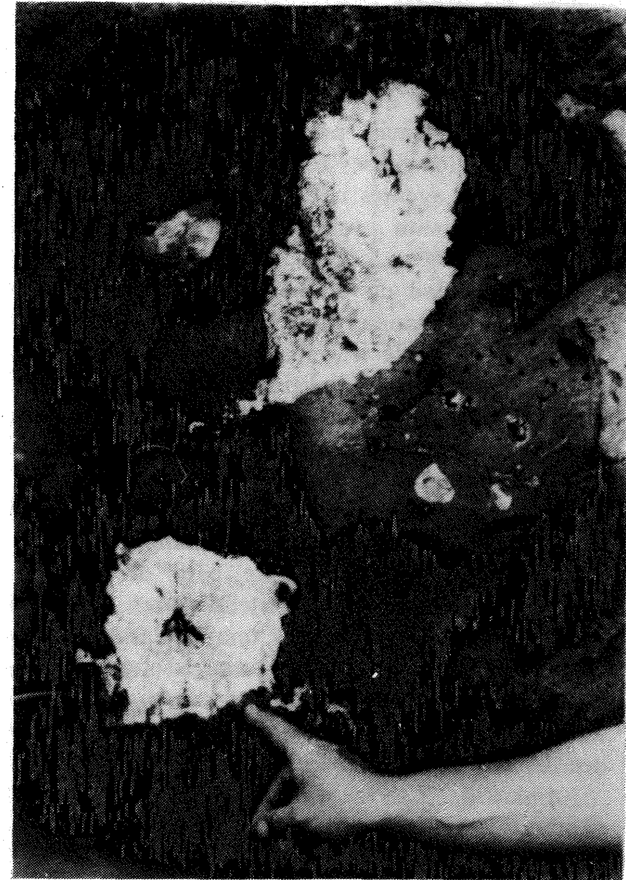
Variedades comerciales y su uso. Según su cristalización, su color, tamaño, estructura interna, tienen distintas aplicaciones que le dan valor comercial. Muchas son las variedades comercializables de minerales compuestos por óxidos de silicio, pero aquí se considerarán exclusivamente las conocidas en el Uruguay, según datos suministrados por W. Caggiano, conservador del Museo del Instituto Geológico del Uruguay. Para ordenar el tema se tratarán primero las ágatas y luego las amatistas. Las variedades de ópalo, otro mineral de la familia de la sílice, tienen poca importancia en nuestro país.

Ágata. Las ágatas que se explotan en el Uruguay se usan con fines ornamentales e industriales.

Las *ágatas ornamentales* son aquellas que poseen diseños atrayentes y porosidad suficiente para absorber colorantes artificiales que realzan su contraste y belleza. Son siempre bandeadas, en bandas paralelas o concéntricas. Están destinadas a ceniceros, camafeos, alhajeros, jarrones, copas, piedras de joyería.

El precio C.I.F. de las ágatas ornamentales en bruto en el mercado internacional, oscila entre 200 y 2.000 dólares por tonelada, precio que varía de acuerdo a su formato, tamaño, diseño, facilidad de teñido y ausencia de fisuras.

Las *ágatas industriales,* en cambio, tienen que presentar homogeneidad, gran dureza y tenacidad. Las bandeadas son poco apreciadas por la posibilidad de separación de las bandas entre sí. Se usan como cuchillas de balanzas, morteros, cojinetes. Su precio C.I.F. varía entre 200 y 500 dólares por tonelada, de acuerdo con su resistencia mecánica, homogeneidad, tamaño, forma y ausencia de fracturas.



Ágata y cuarzo en su yacimiento natural (foto: M. Petit).

El Uruguay exporta promedialmente unas 80 toneladas por año de ágatas en bruto no diferenciadas según su uso en nuestra aduana.

La mayoría de las ágatas uruguayas son extraídas de acumulaciones en los cursos de agua y sólo un bajo porcentaje proviene de labores de excavación. La acumulación en los cursos de agua se produce naturalmente, cuando los agentes de meteorización destruyen la roca basáltica que engloba las geodas y éstas quedan sueltas a merced de la gravedad y del escurrimiento del agua. Por ese motivo provienen de lugares originalmente distintos y dan como resultado un material heterogéneo. Además, presentan fisuras como consecuencia de los golpes recibidos durante su transporte por los agentes naturales. En las excavaciones el rendimiento promedio se puede estimar en 50 Kg. por metro cúbico de roca extraída.

La capacidad de producción de ágata es mayor que la demanda para nuestro producto. Eso es debido en parte a la fisuración y heterogeneidad. El consumo mundial tiende a ser estacionario; Alemania es el principal país importador para tallado y como mercado intermediario para el resto del mundo.

Las ágatas deben ser objeto inmediato de un plan nacional para su estudio detallado. Constituyen una riqueza apreciable pero desconocida. Su distribución, bastante extendida en la zona basáltica, indica que ésta es una de las fuentes a explotar, tal vez la única, para resolver el problema de los rancheríos en una zona de latifundios, con escasos recursos, hasta que se materialice la reforma agraria.

Amatista. La amatista es una variedad de cuarzo que tiene color violado. Las variedades de mayor valor son las que poseen un tono oscuro y no presentan impurezas ni fisuras.

Nuestras mejores amatistas tienen un excepcional color violeta azul profundo que las hace sumamente apreciadas en el mercado europeo.

La causa del color no está dilucidada, pero se atribuye a la presencia de titanio o de hierro en dos estados de oxidación.

La amatista se presenta en cristales hexagonales con extremo piramidal ("dientes") en la parte central de las grandes vacuolas.

El precio internacional en bruto (sin tallar) varía entre 10 y 4.000 dólares el kilo. Las de color violeta azul profundo valen 4.000 dólares si cada trozo limpio, pronto para tallar, tiene color homogéneo y profundo sin manchas ni fisuras y pesa más de 10 gramos. La misma amatista, una vez tallada vale entre 6 y 12 dólares de quilate (200 mg.) para ejemplares de más de 10 quilates (2 g.). Se nota aquí la diferencia abismal entre el valor de amatista en bruto y tallada.

Tamaños menores y colores más claros tienen precio mucho más bajos.

Nuestro país exporta 20 Ton/año de amatista, en su mayoría, por supuesto, a 8-10 dólares el kilo, para ornamentación, colecciones, museos, etc.

Algunas amatistas de colores poco atrayentes son susceptibles de tratamiento térmico mediante el cual adquieren un agradable color amarillo anaranjado que simula topacio y se denomina falso topacio, citrino, topacio Río Grande o topacio Palmeira.

La explotación de amatista se hace por excavación en las zonas de probabilidad, pues se sabe que se desarrollan siempre en una misma colada. De estas excavaciones, se extraen ágatas sin fisuras como subproducto, en cantidad mucho mayor que las amatistas.

La explotación no se realiza con base científica ni con una organización preestablecida. Simplemente, el dueño del campo permite la explotación cobrando un 50 % del valor de venta de los minerales extraídos. Este sistema no es el más adecuado para el fomento de la producción de amatista pues el que busca, corre riesgos imprevisibles y paga un porcentaje alto por sus hallazgos.

Debemos tener presente que se trata de una piedra semipreciosa de gran valor cuando está tallada. Es además necesario el control estatal de su producción y comercialización, para asegurar que los beneficios se distribuyan entre un sector más amplio de la población.

Actualmente se está siguiendo un camino correcto, mediante un proyecto de ley que impide la exportación de amatista sin tallar. Ello, junto a un control estatal de la producción, fijación de salarios adecuados y creación de un curso de tallado en la Universidad del Trabajo de Artigas, cambiaría realmente el panorama actual.

Todo empezó con las reuniones de concejales en Atlántida, donde se resolvió apoyar la moción del delegado de Artigas que solicitaba la elaboración e intalación de un curso de tallado y pulido de piedras preciosas en la Universidad del Trabajo de Artigas, departamento típicamente productor de amatista. El curso fue elaborado en 1966 por W. Caggiano y miembros de la O.I.T. Recientemente se llamó a licitación para adquirir la maquinaria, lo cual es un loable esfuerzo siempre que se destine a la ciudad de Artigas y que se mantenga la idea de que cada egresado pueda obtener crédito del Banco República para adquirir maquinaria. Con ello quedaría sólo por resolver el problema de la extracción y el control de la producción.

MATERIALES DE CONSTRUCCION

En este campo de los recursos minerales, el Uruguay es un país realmente privilegiado. Posee todos los materiales imprescindibles para la construcción y la ornamentación. Además, los exporta en un volumen no despreciable. En el renglón de construcción propiamente dicho, posee piedra, balasto y arena de todas las calidades. En el renglón de ornamentación posee excelentes yacimientos de "granito negro", piedra laja de diversos colores, mármoles muy vistosos y granitos de todo tipo.

La producción ha sido la siguiente en los últimos años, según datos de la Inspección de Minas:

MILES DE TONELADAS

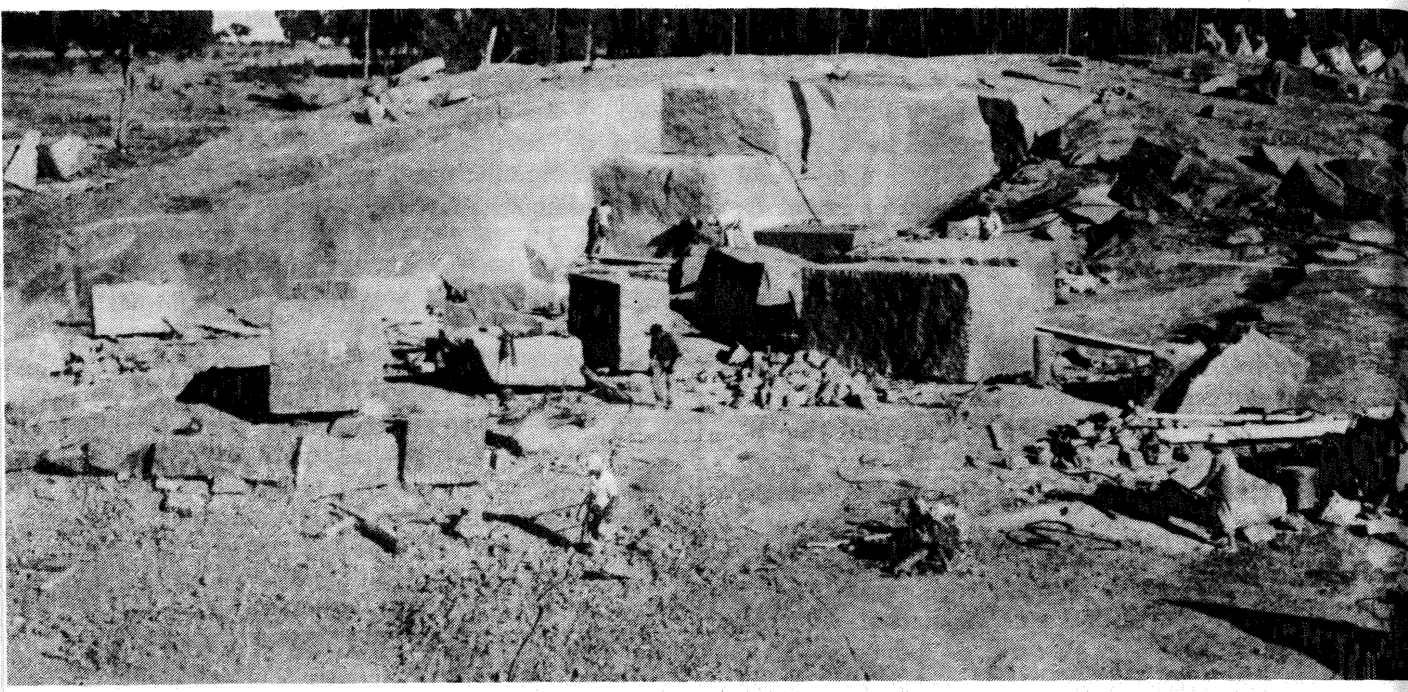
	1964	1965	1967
Piedra	61	47	36
Granito negro	6	7	9
Balasto natural	345	215	260
Pedregullo y gravilla	47	114	107
Arena	480	700	750
Piedra laja	0,35	0,11	0,293
Granitos en bloques	1,1	2,1	1,8
Mármoles	¿ ?	¿ ?	2,8

Muchos de estos materiales son exportables. Arena, piedra y balasto se exportan a la Argentina pues Buenos Aires tiene en las costas uruguayas la fuente más próxima para abastecerse. Los mármoles y granitos se exportan por su belleza, para recubrimiento de alta calidad.

De todo esto lo más importante a señalar en la actualidad es la enorme fuente de riqueza que posee el Uruguay en "granitos negros" y mármoles.

Granitos negros. Han alcanzado en los últimos años un elevado precio en el mercado. Varía su precio entre 120 y 200 dólares el metro cúbico en bloques bosados, puestos en el puerto de Montevideo. Es además una piedra de fácil colocación en el mercado mundial, pues no está satisfecha la demanda.

A pesar de ello, existen pocas canteras que trabajan con los medios técnicos y los cuidados



Cantera de "granito negro", cerca de Soca, y bloques prontos para exportar (foto: J. Caruso).

de extracción que este valioso material requiere. Incluso existen muchos yacimientos que no están aún en explotación.

Los yacimientos son de dos tipos: macizo granítico de grano grueso en los alrededores de Soca (Canelones) y filones de microgabro en Rosario (Colonia), Arroyo Grande (límite de San José y Flores), Pintos (Flores), Arroyo de la Virgen (San José - Florida) y Palermo (Florida).

En el caso del macizo granítico de Soca, se extrae un material de grano grueso de color gris oscuro a negro, con algunos cristales de reflejos atornasolados. El yacimiento es enorme, decenas de kilómetros cuadrados de superficie, pero la limitante para su explotación son algunas fracturas que alteran la roca hasta varios metros por debajo del suelo.

En el caso de los filones de microgabro, la roca se encuentra aceptablemente fresca hasta la superficie. Estos filones son en general más resistentes que la roca circundante y determinan zonas de topografía quebrada, lo que facilita enormemente su explotación. Lo corriente es que presentan cuerpos de 30 mts. de ancho por 400-500 mts. de longitud sin fracturas perjudiciales. Determinan, además, zonas pedregosas no aptas para el desarrollo de pasturas.

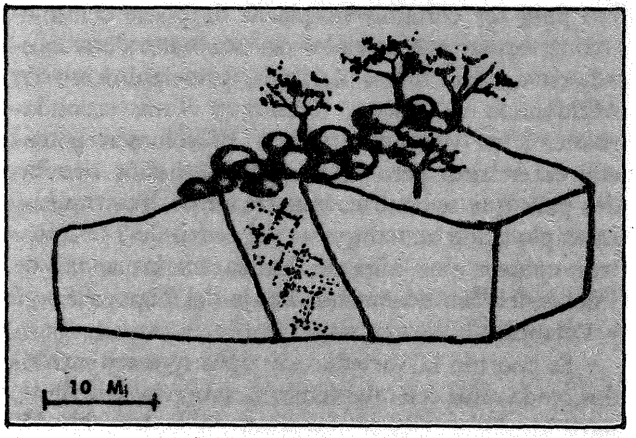
Estas riquezas minerales no pertenecen a ninguna categoría dentro del Código de Minería, lo que significa que su explotación depende de la voluntad del dueño del campo donde se encuentran. En este momento, en que existe mercado externo comprador, esto debe ser rápidamente cambiado pues no constituye una riqueza permanente sino circunstancial. Nuestros granitos no siempre tienen mercado. Los "granitos" grises y rojos de Piriápolis, que fueron codiciados en los años 30, actualmente no encuentran mercado. La explotación de granito negro no puede quedar, en el presente, supeditada a la voluntad del dueño del campo, pues su no explotación implica desaprovechar recursos con los que nuestro país puede beneficiarse. Hay un ejemplo bien ilustrativo en ese sentido. A 4 kilómetros del rancherío Pintos (departamento de Flores), donde viven ochenta hombres sub-ocupados, existe un magnífico yacimiento de granito negro. En 1964, la Universidad elaboró un plan para su explotación en régimen de cooperativa, que hubiera resuelto definitivamente el dramático problema social y económico de un rancherío. El programa no pudo llevarse a cabo porque el propietario del campo no permitió la explotación. Se hubieran brindado recursos a 50 familias y se hubieran obtenido divisas para el país en cantidad no despreciable (50.000 dólares al año). Y lo que es más importante, un rancherío se hubiera transformado en una activa villa progresista. Recientemente el dueño del campo abrió el yacimiento a una empresa privada.

Es urgente la puesta en práctica del mecanismo que permita explotar "granito negro", de modo que no quede un solo yacimiento del país sin explotar, produciendo por lo menos cada uno, 30 m³ por mes.

La exportación anual promedio de los últimos años se puede estimar en 200.000 dólares: 140.000 dólares de granito negro filoniano, de grano fino, y 60.000 dólares de "labradorita", (granito gris oscuro de grano grueso explotado en los alrededores de Soca).

Esto ya significa algo pero no es suficiente. El mercado mundial puede absorber mucho más, por lo menos tres o cuatro veces ese monto.

Además debe tenderse a breve plazo, a no exportar bloques bosados, que ocupan poca mano de obra y obtienen un precio inferior al de las chapas laminadas. Tiene que tenderse a que la explotación sea exclusivamente de chapas laminadas y pulidas. Un metro cúbico de granito negro en bloques bosados vale, en promedio, 160 dólares. De este mismo metro cúbico, se obtienen 40m² de chapa cuyo precio es de 25 dólares el metro cuadrado. De cada metro cúbico de granito negro se pueden obtener 1000 dólares si se lo exporta laminado y pulido. Esta operación adicional, aumenta el precio del producto, aumenta la mano de obra empleada y amplía el mercado. Estados Unidos no compra bloques bosados. Compra exclusivamente granito negro laminado y pulido. Si el Uruguay produjera 10.000 m²/mes de granito negro laminado y pulido, que se exportaría por un



Estructura de los filones de "granito negro" en diagrama tridimensional.

monto de 250.000 dólares mensuales, el estado de California podría comprarlos en su totalidad.

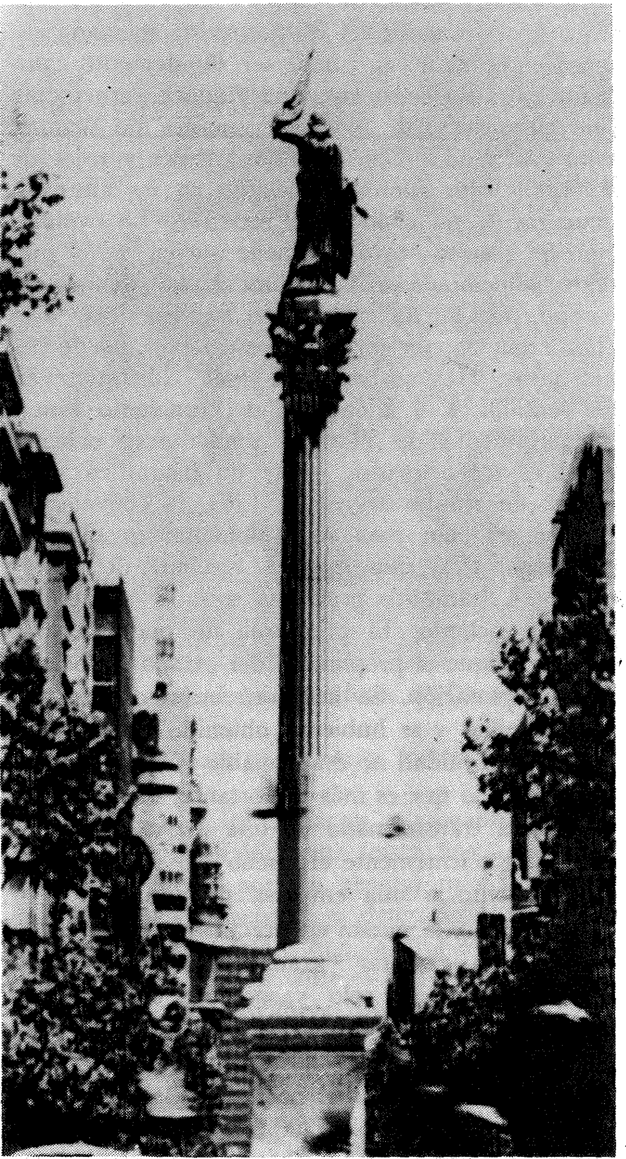
Para dar idea concreta de la rentabilidad de la operación basta decir que una planta moderna de laminado y pulido para producir 4.000 m^2/mes cuesta entre 500.000 y 800.000 dólares.

Ésta sería una de las mejores inversiones para aprovechar el crédito de 5:000.000 de dólares ofrecido por el gobierno italiano. Nuestro país debe tender rápidamente a explotar todos sus yacimientos de granito negro, sin permitir que el dueño del campo lo impida y además, exportar laminado y pulido, en vez de bloques bosados como materia prima en bruto. Además, ya se están exportando monumentos funerarios semielaborados para Japón, lo que indica que nuestra industria está alcanzando los niveles internacionales.

Mármoles. Con relación a los *mármoles,* en Uruguay existen extensos yacimientos de los cuales unos pocos son explotados. Bajo la denominación de "mármol" se emplean en el comercio rocas calcáreas, que han sido recristalizadas por metamorfismo y que presentan suficiente tenacidad como para ser cortadas en placas de pocos centímetros de espesor. Materiales de esta naturaleza existen en muchas zonas del país, principalmente en Maldonado, Lavalleja, Treinta y Tres, secundariamente en Colonia y Flores. El volumen potencial es enorme pero se necesitan estudios detallados para que se conozca nuestra verdadera riqueza. La explotación actual que es del orden de 2.000 metros cúbicos por año, se realiza en las zonas de Puntas del Pan de Azúcar, Zanja del Tigre, Carapé y Polanco.

Es enorme la variedad de tipos que son extraídos, cada uno con un nombre comercial diferente, parte de los cuales se muestran en la foto Nº 15.

Todos ellos, de vistosos diseños, son muy apreciados. El mármol "N gris", aunque tiene color



Fuste de una sola pieza hecha con mármol de Zanja del Tigre.

homogéneo, presenta gran tenacidad y puede ser cortado en bloques enormes. El fuste de la estatua de la Libertad en nuestra plaza Cagancha, ha sido tallado en un solo bloque de 5m30 de longitud. Actualmente se usa también el "ónix" en pequeñas placas pulidas como revestimiento de frentes de casas para lo que ha mostrado ser un material de gran valor estético.

Nuestra producción satisface el mercado interno para fuentes, mesas, tableros eléctricos, escaleras, pero no alcanza para la exportación. La venta esporádica a Argentina, Italia, México, Brasil, prueba la existencia de un mercado potencial que paga entre 120 y 150 dólares el metro cúbico en bloques, pero para exportar es necesario ampliar las actuales instalaciones industriales. La demanda para nuestros mármoles abarca tanto los bloques bosados, como las chapas aserradas y terminadas, por lo que resulta necesario el fomento de esta industria.

Actualmente, el mármol ocupa unos 2.000 operarios entre canteras, aserraderos y marmolerías para una producción de 2.000 m^3 por año. Se estima que puede ampliarse a 7.000 m^3 la producción anual, exportando el excedente. Para ello habría necesidad de realizar una inversión de 700.000 dólares en maquinaria y camiones, según informe en poder del Ministerio de Industrias y Comercio. Esta inversión nos permitiría exportar un volumen apreciable de mármoles y ocupar mano de obra nacional, por lo que parece claro que ésta es una de las industrias que ya deberían haber sido apoyadas por el Estado —con el adecuado control— pues es una fuente de ocupación lamentablemente desaprovechada.

MATERIAS PRIMAS ENERGETICAS

Las principales fuentes de energía utilizadas actualmente son: carbón, petróleo y energía hidráulica.

Tomando las cifras de 1960, la producción mundial fue la siguiente:

— carbón: 2.000 millones de toneladas
— petróleo: 1.000 millones de toneladas

Para esa misma fecha, la producción de energía hidroeléctrica alcanzaba 97 millones de KW, o sea, aproximadamente, 490.000 millones de KW/h. El 24 % de la producción mundial de energía eléctrica se obtiene aprovechando la energía hidráulica.

El Uruguay ha utilizado, hasta el momento, sólo una parte de su potencial hidráulico, con las represas de Rincón del Bonete y Baygorria. Quedan por aprovechar Palmar, Cuñapirú y otras menores. Salto Grande tiene otros problemas.

A su vez no poseemos hasta el presente materias primas energéticas; tampoco se ha investigado exhaustivamente el territorio para definir en forma inequívoca su potencialidad.

Con respecto a las dos materias primas energéticas tradicionales, carbón y petróleo, se sabe con certeza que no existen yacimientos de *carbón.* La opinión del Dr. Walther, en ese sentido, es terminante. Los lechos de carbón atravesados por las perforaciones, nunca tienen más de un metro de espesor y contienen elevado porcentaje de cenizas.

Es importante tener presente, además, que en los últimos años se está utilizando cada vez más intensamente el *uranio* como combustible para generar energía eléctrica.

El uranio es el único elemento químico capaz de generar energía en gran escala, por desintegración radiactiva controlada, en el estado actual de la tecnología. Por esas propiedades se convierte

en el nuevo elemento combustible a utilizar en las próximas décadas. Se estima que en 1975 será un combustible tan común como el petróleo. La energía generada por reactores que trabajan con uranio como combustible, tendrá costo competitivo con la generada por combustibles tradicionales (carbón y petróleo) o por energía hidráulica.

Una de las primeras centrales núcleo-eléctricas industriales fue la de Shippinport (U.S.A.) que comenzó a producir energía en 1958. La electricidad costó ocho veces más cara que en las usinas clásicas. Inglaterra construyó cuatro usinas, que generaban 1.5 millones de KW. U.R.S.S. y Francia también poseen usinas y proyectos de enormes centrales nucleares con un costo sólo seis veces más elevado que el de los procesos tradicionales. En 1966, según informe del Director del Organismo Internacional de Energía Atómica, las centrales atómicas de más de 300 MW (megawatts) de potencia, se han vuelto competitivas con las centrales hidro-eléctricas y termo-eléctricas.

Si bien actualmente el costo de producción de energía por desintegración controlada de uranio es todavía elevado, el problema es sólo tecnológico, pues cada tonelada de óxido de uranio produce energía equivalente a un millón de toneladas de carbón.

El trazado de una correcta política energética para nuestro país, debe considerar la posibilidad de utilizar el uranio como combustible. Se prevé a breve plazo una demanda rápidamente creciente de uranio a escala mundial para atender el esperado aumento de uso de usinas termo-nucleares. Una correcta política energética debe contemplar:

* Construcción del máximo número posible de represas hidroeléctricas.
* Propender a la búsqueda de uranio con urgencia en todo el territorio nacional, para saber si podremos disponer libremente de uranio cuando sea un combustible tan común como el petróleo.
* Desarrollar un equipo para la prospección científica de petróleo.

Es indiscutible la importancia de los yacimientos de materias primas energéticas en países que quieren elegir por sí mismos su destino. Furon (1960) dice en su Introducción: "Poseer materias primas nada significa. Es necesario poseer fuentes de energía. En Estados Unidos un minero extrae 4 Ton. de carbón por día, susceptibles de producir 4.000 HP/hora, energía equivalente a la de 8.000 hombres que dispongan solamente de su energía muscular. De allí que la producción de trabajo de Estados Unidos sea diez veces superior a 600 millones de hombres que no dispongan de energía mecánica. No existe ninguna posibilidad de comparación entre las producciones de dos países si uno dispone de energía y el otro produce exclusivamente materias primas. El segundo deberá cederlas a precios bajos y adquirir los productos elaborados muy caros".

Con respecto al *petróleo*, no ha sido estudiado con suficiente detalle. El Uruguay no conoce ni siquiera la estructura geológica con la precisión necesaria como para establecer con seguridad las zonas de máxima probabilidad.

Varios sondeos realizados durante el período 1952-57 permiten conocer a grandes rasgos ciertas zonas probables, como es el caso concreto de la cuenca del río Santa Lucía, en los departamentos de San José y Canelones. En esta zona, la falta de relevamientos gravimétricos y geológicos de detalle, impiden interpretar con seguridad la estructura y por ende las áreas más probables. Sin embargo, los esfuerzos realizados por ANCAP posteriormente no se centraron en esta cuenca, sino que se realizaron perforaciones en Cerro Largo, sin disponer previamente de datos geológicos y geofisicos imprescindibles para una ubicación correcta de los sondeos.

El Uruguay importa anualmente petróleo por una suma de U$S 20:000.000. Se justifica ampliamente un estudio más detallado de las posibilidades de explotar petróleo nacional intentando como primer paso urgente, formar un equipo de técnicos uruguayos.

El panorama nacional en este campo es poco conocido. Sabemos que no existe posibilidad de obtener yacimientos de carbón. Tampoco puede esperarse recursos a partir de nuestras reservas forestales pues son prácticamente inexistentes. Es poco probable que existan yacimientos petrolíferos de gran volumen. La turba de Rocha puede dar ciertas esperanzas, pero es una materia prima que posee serias limitaciones tanto en su poder calorífico como en su pureza. Nuestras esperanzas deben elevarse especialmente hacia el uranio y la energía hidráulica para la producción de energía eléctrica.

Con respecto a la turba hay un plan concreto de investigación llevado adelante por UTE con técnicos del Instituto Geológico del Uruguay y Facultad de Química. Pero aunque se encuentran yacimientos voluminosos, el proyecto tiene alcance limitado por la propia naturaleza del combustible. El plan consiste en generar 40.000 KW.

Con relación al petróleo es poco o nada lo que los técnicos nacionales podemos hacer público, en este momento en que se llama a licitación internacional para su explotación por compañías extranjeras. Hay sólo una cosa digna de mención: los datos en poder de quienes investigaron el río de la Plata, no han sido ofrecidos al conocimiento de los propios uruguayos. Resulta dudoso que esos trabajos sean realmente de "ayuda técnica". Por nuestra parte, tampoco nosotros estamos en condiciones de publicar los escasos datos que obran en nuestro poder sobre las posibilidades de petróleo en el Uruguay, tanto en el continente como en la plataforma. Esperamos que los lectores sepan comprender esta actitud pues el problema del petróleo no ha sido manejado con la necesaria amplitud científica en nuestro país, lo que por otra parte no hace más que confirmar la política seguida mundialmente por los trusts internacionales.

En lo relativo al uranio, la Comisión Nacional de Energía Atómica, en cooperación con ANCAP y la Facultad de Química ha realizado estudios de búsqueda durante el período junio 1965 - agosto 1966. El Uruguay ha recibido asistencia técnica del Organismo Internacional de Energía Atómica mediante el envío del Dr. Cameron y del Comisariato de Energía Atómica de Francia, a través de la misión Grimbert - Berthollet - Fournier. El resultado de ambas misiones es altamente positivo e indica que debemos proseguir las investigaciones a la brevedad posible.

El informe de Cameron, quien recorrió 7.000 Kms. y encontró 111 anomalías (zonas con radiactividad más de tres veces superior a la normal) fue presentado en agosto de 1966 y dice textualmente: "La abundancia de anomalías, algunas de las cuales pueden ser yacimientos en potencia, y la alentadora ocurrencia de uranio en Paso de las Piedras, sugieren la necesidad de un programa de prospección de materias primas nucleares más completo y detallado en el Uruguay."

No obstante, hasta el presente no se ha recibido el menor apoyo estatal para recomenzar los estudios.

El informe Grimbert, indica también claramente "la necesidad imperiosa de proseguir los trabajos, especialmente en el área de Paso de las Piedras, Dpto. de Durazno".

COMO USAR LOS RECURSOS MINERALES

Las riquezas minerales son recursos naturales no renovables. Una vez extraídos no se reponen. Por ello tiene que impedirse la exportación de materias primas minerales que tengan que ser industrializadas para su uso, con mucho más razón que la de aquellos recursos renovables. En consecuencia, cada materia prima mineral tendrá que dar lugar a una industria, por pequeña que sea. Se observa permanentemente en el mundo la existencia de países productores de minerales que los exportan en bruto, de países productores que consumen más de lo que producen, y de países no productores que importan materia prima para su industria.

Como el producto terminado es siempre más caro que la materia prima, la posesión de materia prima ya nada significa. El país que la posea deberá venderla a bajo precio a los países industrializados y luego comprar, más caros, los productos terminados. Es esencial poseer fuentes de energía que permitan industrializar las propias materias primas.

La situación actual de los países subdesarrollados no cambiará mientras continúen sufriendo el deterioro provocado por la exportación de materias primas y la importación de productos terminados. ¿Por qué Brasil exporta mineral de manganeso en vez de exportar el acero? Brasil tiene hierro y manganeso. Y es el país del mundo capitalista que posee más manganeso. Si fuera Brasil el productor de acero para toda América, no estarían pasando hambre dos de cada tres de sus habitantes.

Nuestro país *necesita* industrias para dar ocupación a nuestra excelente mano de obra, al nivel que ella se merece. Pero por lo mismo que la *necesita*, los capitales privados costarán un precio muy alto (liberación de impuestos, aranceles especiales, cuando no subsidios). Todo ello conduce a que sea el propio Estado quien tenga que instalar las industrias de gran volumen que el país necesita.

El Uruguay posee riquezas minerales en volumen y calidad suficiente como para basar en ellas algunas industrias de adecuado tamaño que permitan elevar el nivel de vida de un sector apreciable de la población: el yacimiento de hierro de Valentines para producir "pellets" de exportación y montar una pequeña industria siderúrgica; los enormes yacimientos de calizas de gran pureza de Lavalleja y Treinta y Tres para aumentar la producción de cemento portland; los extensos yacimientos de dolomitas en Lavalleja y Maldonado, de calidad excepcional para la elaboración de sales de magnesio, sodio y potasio junto con agua de mar; los depósitos de arenas negras en Rocha para transformarlos en blanco de titanio —sustancia básica para pinturas— y otros sub-productos.

PROYECTOS DE DESARROLLO SOCIO-ECONOMICO

El montaje de cada una de esas industrias implica la inversión de millones de dólares por lo cual no hay capacidad para financiarlas a todas. Deben establecerse, en consecuencia, prioridades.

En junio de 1966, la Asociación de Químicos Industriales realizó, junto con la Facultad de Química, un foro sobre posibles industrias mineras, donde fueron discutidos aquellos proyectos de volumen suficiente como para incidir de manera efectiva en uno de los aspectos fundamentales para nuestro desarrollo: ocupación de mano de obra y exportación de productos elaborados o semi-elaborados. En esa ocasión se establecieron prioridades de inversión.

1. Se entendió que la primer prioridad sería poner en funcionamiento el proyecto sobre elaboración de *sales de magnesio*, a partir de dolomita calcinada y agua de mar por las siguientes causas:

   * Exije una inversión de sólo 7 millones de dólares
   * Permitirá ahorrar divisas por valor de 3.5 millones de dólares anuales (2 millones por producción de sal, yeso y sulfato de potasio que actualmente se importan del exterior y 1.5 millones por exportación de sales de magnesio).
   * Originará un rápido desarrollo de una extensa zona del país (Minas, San Carlos, Castillos).
   * No tiene tecnología desconocida; todas las etapas del proceso son perfectamente conocidas y se pueden prever con toda exactitud.
   * Algunas etapas ya se han desarrollado, como la calcinación de dolomita para la que ya está instalado un horno en la compañía "Mina Valencia", 5 Kms. al sur de Minas.
   * Tiene un mercado absolutamente seguro, pues ALALC muestra un déficit considerable para los compuestos de magnesio.

2. En segundo término, debe incrementarse la producción de cemento portland, lo que aparentemente es un hecho, pues ya este año comienza a montarse la planta de Paysandú. En este rubro sólo deben facilitarse las condiciones de explotación, las que a su vez son muy favorables, pues en 1968 se exportaron 100.000 toneladas para Brasil y el mer-

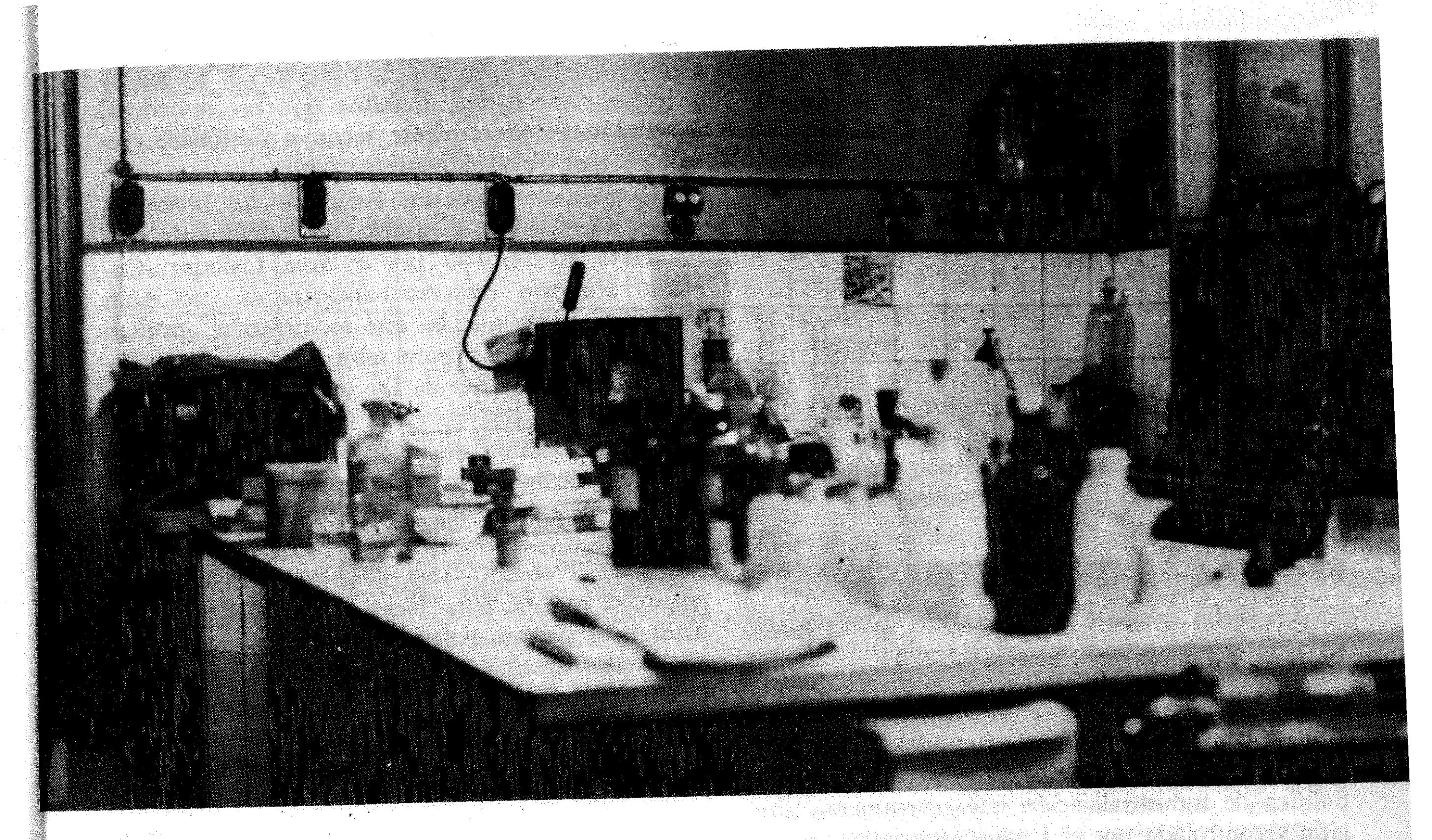
cado argentino empezó a importar cemento uruguayo recién en noviembre de ese año.

3. Explotación, concentración y "pelletización" del mineral de hierro de Valentines.
   * La inversión será de 15 millones de dólares.
   * Se puede exportar mineral concentrado "pelletizado" por un monto de 8 millones de dólares anuales.
   * Tiene el inconveniente de que Argentina es el único mercado seguro en el cual podemos competir con grandes ventajas.
   * En este renglón existen fuertes intereses internacionales. Nuestra salida al mercado argentino provocará resistencias. La financiación, por este motivo, deberá buscarse con integración de capitales nacionales. Será difícil conseguir créditos para un proyecto de esta naturaleza que sólo favorece al Uruguay.
   * En la primera etapa no puede pensarse en siderurgia, pero esa primera etapa es tan rentable que permitirá a breve plazo la integración de una pequeña siderurgia, que satisfaga las necesidades nacionales.
   * Todos estos proyectos tienen la ventaja de que se conocen exactamente los yacimientos, tienen mercado seguro, y la tecnología de industrialización es conocida.

4. Explotación de arenas negras. Éste es un proyecto que debe atenderse con especial interés, pues con una inversión de 7 millones de dólares,se pueden obtener 11.000 Ton/año de hierro metálico y pigmento blanco de titanio explotable por valor de nada menos que 10 millones de dólares por año. Sin embargo la fabricación de blanco de titanio está protegida por patentes. La política recomendada en este caso es la inversión de algunos millones de pesos durante algunos años hasta obtener un procedimiento autóctono. Eso es viable perfectamente mediante convenio entre ANCAP y la Universidad para reunir los técnicos más capaces del país en un proyecto único.

Existen asimismo muchos otros recursos minerales explotables con beneficio socio-económico de menor envergadura. Ninguno de ellos, por sí solo incidirá apreciablemente en la economía nacional ni en nuestra recuperación social, pero reunidos, permitirán aumentar el porcentaje de ocupación de la población rural y elevar el nivel de vida de ciertos sectores. Estas empresas pueden ser llevadas adelante por capitales privados, fundamentalmente en cooperativas, pues los montos de inversión no son grandes ni tampoco se trata de materias primas estratégicas. Corresponde al Estado la tarea de divulgar la existencia de estas riquezas, cuantificarlas, señalar el método de explotación y fomentar su aprovechamiento, controlando a la vez que su explotación sea beneficiosa para la sociedad entera, y no sólo para ciertos empresarios como ocurre frecuentemente.

5. Amatistas y ágatas. Tenemos una apreciable riqueza, que si se explotara con adecuado control estatal podría servir para recuperar varios rancheríos de Artigas y Salto, y para fundar varios talleres que lapidaran y tallaran las piedras para exportarlas solamente como producto terminado (morteros, cuchillas de balanza, ceniceros, etc.)



Laboratorio de prospección geoquímica de uranio montado en la Facultad de Química. (Foto: M. Petit.)

6. Granito negro, cuya explotación debe ser declarada de "interés nacional" para que el propietario del campo no pueda impedir su explotación. La exportación actual es de 200 mil dólares por año, cuando la potencial no baja de un millón.

7. Varias otras riquezas de menor volumen todavía:
   * montmorillonita en Cerro Largo;
   * calizas en Rivera;
   * conchillas para sales de calcio de gran pureza en Colonia.

En resumen, el factor principal para que nuestras riquezas minerales sean explotadas como corresponde, depende de la incidencia decisiva del Estado. El Estado debe definir prioridades, trazar una política nacional de aprovechamiento gradual de las riquezas e invertir directamente capitales para explotar aquellos recursos cuyo aprovechamiento exige grandes inversiones y genera grandes

beneficios nacionales en moneda fuerte y ocupación de mano de obra.

Es cierto, también, que nuestra falta de recursos energéticos dificultaría nuestra industrialización a breve plazo. No disponemos de las fuentes de energía necesarias ni siquiera para sostener el consumo nacional de 1969. Mientras nuestro país no levante las represas de Palmar y Cuñapirú, y mientras no invierta capitales en la prospección de petróleo y uranio con personal uruguayo, no podrá tampoco concretar el correcto aprovechamiento de sus recursos minerales. Ambas cosas deben ir a la par: búsqueda de nuevas fuentes de energía e intervención del Estado en la política de explotación de los recursos minerales.

PROGRAMAS DE INVESTIGACION

Lo dicho conduce a plantear la necesidad de enfocar ciertos programas de investigación de recursos minerales y su técnica de aprovechamiento para conocer exactamente nuestra potencialidad. Dada la importancia decisiva que las fuentes de energía tienen en el desarrollo, siempre que la política de industrialización esté severamente dirigida y controlada por el Estado, la primera prioridad en los programas de investigación debe darse a las fuentes de energía: *uranio y petróleo.* Sobre uranio existe personal uruguayo adiestrado para su búsqueda, que ha trabajado durante 1965-66 y que desde entonces no dispuso de medios para continuar los estudios; sobre petróleo, es necesario formar geólogos especialistas a breve plazo y brindarles los recursos necesarios; es inexplicable que se licite la búsqueda y la explotación de petróleo sin antes pedir asesoramiento técnico y equipo a organizaciones como el grupo italiano de la E.N.I., a la Petrobrás brasileña o a la Y.P.F. argentina, de modo de capacitar técnicos uruguayos durante los trabajos de prospección. Extraer, por medio de empresas extranjeras, nuestras riquezas minerales, sin capacitar previamente técnicos nacionales, resultará efímero y entreguista.

Paralelamente, deben comenzar las investigaciones sobre nuestros posibles yacimientos de oro, iniciando los trabajos por el área Cuñapirú-Corrales. Nuestras reservas bancarias de oro están tan disminuidas que en este momento se justifica una cierta inversión para estimar el posible volumen de oro a extraer de las zonas auríferas conocidas.

Otro programa de investigación que debe comenzar inmediatamente es la evaluación de nuestras riquezas en calizas, dolomitas y mineral de hierro fuera de las zonas actualmente conocidas. Las calizas de Treinta y Tres, constituyen una reserva potencial enorme para basar en ellas una futura planta de cemento portland. Las dolomitas exigen un estudio detallado, pues nuestro país goza de privilegios geológico-geográficos para fabricar compuestos de magnesio. El mineral de hierro de Rivera, exige rápido estudio para trazar la política más adecuada del uso del yacimiento de Valentines; si en Rivera se prueba la existencia de reservas muy grandes, es posible exportar "pellets" de Valentines sin limitación; si en Rivera no existe hierro aprovechable, la exportación de Valentines debe vigilarse rigurosamente, pues de lo contrario se sellaría el destino de la posible siderurgia nacional.

Finalmente, para sólo citar los programas más importantes, debe investigarse la técnica de fabricación de blanco de titanio a partir de las arenas ilmeníticas de Aguas Dulces, para permitir la explotación rentable de esta valiosa riqueza mineral, que podría producir 10 millones de dólares anuales por concepto de exportación del pigmento.

PROCESOS GEOLOGICOS FORMADORES DE MENAS

Todos los yacimientos explotados por el hombre se encuentran a menos de 6000 mts. de profundidad; la mayoría, a menos de 200 mts. Se encuentran, pues, en la corteza terrestre.

A partir de datos geofísicos y del estudio de los meteoritos, la Tierra se supone constituida por tres capas concéntricas: **Corteza:** capa externa con un espesor de 50-60 Kms. Está compuesta por sial, en los continentes, y sima. En esta capa dominan los elementos con fuerte afinidad por el oxígeno: alcalinos, alcalino-térreos, térreos, tierras raras. **Capa peridotítica:** hasta una profundidad de 2900 Kms. desde la superficie; abundan los elementos con afinidad por el azufre: cobre, cinc, plomo, mercurio, arsénico, antimonio, bismuto, azufre, selenio. **Núcleo** (Nife): estaño, molibdeno, hierro, cobalto, níquel, platino.

Todos los yacimientos se encuentran, pues, en la corteza, cuya composición química promedio es la siguiente:

óxido de silicio	SiO_2	59.14 %
óxido de aluminio	Al_2O_3	15.34 %
óxido férrico	Fe_2O_3	3.08 %
óxido ferroso	FeO	3.80 %
óxido de magnesio	MgO	3.49 %
óxido de calcio	CaO	5.08 %
óxido de sodio	Na_2O	3.84 %
óxido de potasio	K_2O	3.13 %
agua	H_2O	1.15 %
bióxido de titanio	TiO_2	1.02 %
pentóxido de fósforo	P_2O_5	0.03 %
óxido de manganeso	MnO	0.12 %
		99.52 %

El oxígeno es el elemento más abundante, seguido de silicio y aluminio. Si se toman volúmenes en vez de pesos de los elementos, entonces la corteza terrestre aparece como un conjunto de átomos de oxígeno tangentes, con pequeños iones encajantes en los pequeños huecos libres. Las unidades estructurales fundamentales son el "tetraedro de silicio" y el "octaedro de aluminio" donde se pueden apreciar los volúmenes relativos de los iones silicio, aluminio y oxígeno.

Con los óxidos de doce elementos se abarca el 99.5 % en peso y el 99.8 % en volumen de la corteza terrestre. Sin embargo, la mayoría de los elementos químicos utilizados en la tecnología moderna se encuentran en el restante 0.5 % en peso. Todos están presentes en todas las rocas, pero en ese estado disperso y en tan baja concentración no es posible su explotación, excepto para elementos muy raros y de elevadísimo interés técnico: prácticamente sólo se explotan, en esas condiciones, renio, escandio y radio. Para la enorme mayoría es necesario que algún proceso geológico se encargue de producir su concentración natural. Lo que hace el hombre es aprender a encontrar esas concentraciones y extraer los minerales en forma rentable. Para ello hay que conocer el comportamiento de cada elemento químico en la naturaleza, el ciclo a que es sometido y los procesos geológicos capaces de concentrarlo. Todo yacimiento resulta de una concentración local y excepcional de un elemento químico que se encuentra en bajísimo tenor en el resto de la corteza. Su hallazgo es sólo posible conociendo los mecanismos productores de esas concentraciones anormales.

A pesar de la aparente estabilidad de nuestro planeta a la observación humana, la corteza terrestre es sometida a modificaciones radicales a escala geológica.

Basta con citar que la Tierra tiene por lo menos 3000 millones de años y que los Andes, los Alpes y el Himalaya eran mares hasta hace pocos millones de años. Asimismo, que hasta hace 140 millones de años,

América del Sur, África, India, Australia y Antártida estaban reunidas en un solo continente: Gondwana.

La movilización de la materia en la corteza se realiza en procesos que cumplen dos grandes ciclos: superficial y profundo.

CICLO SUPERFICIAL

El ciclo superficial agrupa a los fenómenos geológicos que causan hidratación, oxidación, carbonatación y síntesis orgánica a temperaturas y presiones bajas. Reúne los procesos de destrucción de rocas, transporte y acumulación de sedimentos.

En el ciclo superficial se concentrarán los minerales que resisten los agentes meteóricos (cuarzo, circón, muscovita) y se formarán nuevos minerales a partir de enlaces entre iones que consuman poca energía o la liberen. Es el dominio de sales con enlace iónico (cloruros, sulfatos, carbonatos...), óxidos hidratados, minerales arcillosos. Los elementos de varias valencias se presentarán en el estado de oxidación más elevado: Fe^{+++}, Mn^{++++}, Cu^{++}.

En superficie, el proceso dominante es la meteorización, que destruye las estructuras de los silicatos formados en profundidad y se liberan iones que luego se recombinan en condiciones de temperatura ambiente (10-40°C) y presión atmosférica.

El silicio y aluminio forman principalmente minerales arcillosos. El hierro va a formar óxidos hidratados (limonitas) o anhidros (hematita, magnetita). Magnesio y calcio quedan fijos como carbonatos. El potasio es parcialmente retenido por las arcillas, parcialmente pasa en solución al mar. El sodio es menos retenido que el potasio y pasa principalmente en solución al mar. Ambos elementos pueden cristalizar como sales iónicas (boratos, sulfatos, cloruros) en áreas desérticas por evaporación de las aguas.

Según Raguin (1961) en el ciclo superficial se concentran principalmente los elementos que tienen afinidad por el oxígeno y además carbono, fósforo y hierro.

El resultado final del ciclo superficial es la formación de rocas sedimentarias. La acumulación en el ciclo superficial de los distintos minerales técnicamente utilizables sigue, pues, el mismo proceso evolutivo y tiene la misma estructura que las rocas sedimentarias.

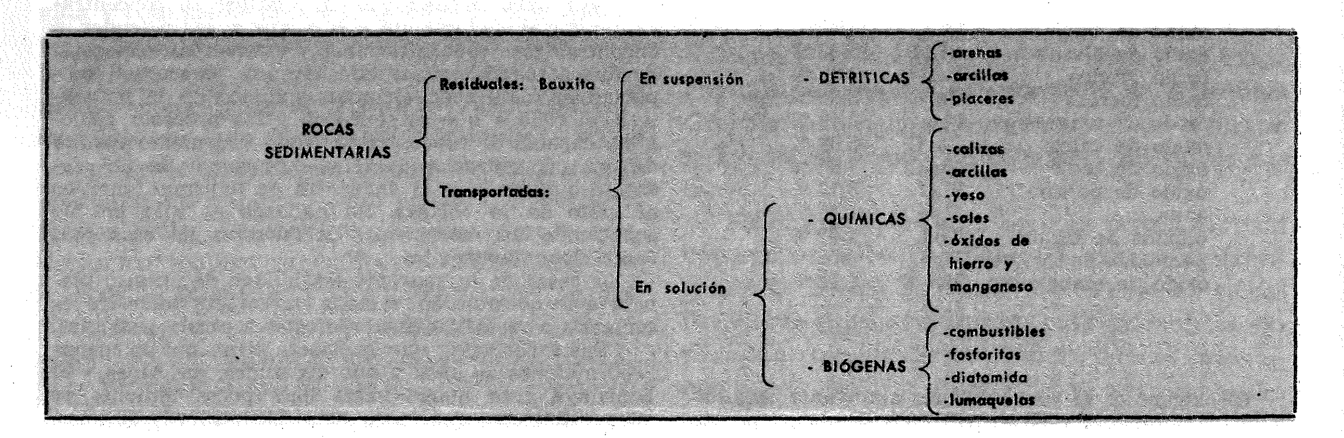
El cuadro adjunto muestra la clasificación más corriente de rocas sedimentarias, donde se señalan además los yacimientos más importantes de cada grupo, aun cuando no existan en nuestro país.

Las **arcillas** han sido colocadas en dos grupos, pues mientras el caolín de Blanquillos fue acumulado por transporte de los granos, la montmorillonita de Bañado de Medina se ha formado en sitio por recombinación iónica en un medio fuertemente salino (Bossi, 1960).

En el caso de las **arenas**, existen dos posibilidades de uso según los minerales acumulados:

* arenas negras, con ilmenita, circón, monacita, rutilo, capaces de ser explotadas para producir pigmento blanco de óxido de titanio a partir de ilmenita.
* arenas cuarzosas, de alta pureza, para industria del vidrio y cerámica de calidad.

Las **calizas** presentan dos orígenes: lagunar, de sedimentación, durante el Cenozoico, sin magnesio; marino, muy antiguas, que luego sufrieron cierto reemplazo de calcio por magnesio debido justamente al ambiente marino y finalmente fueron sometidas a proceso metamórfico.



Las **lumaquelas** son calizas conchilíferas formadas por acumulación de valvas de moluscos. Pueden tener gran pureza una vez eliminada la arena, como es el caso de los alrededores del pueblo Conchillas en Colonia.

Los **óxidos de hierro y manganeso** se acumulan también en el ciclo superficial. En el caso de nuestros yacimientos de hierro, ése ha sido el origen primario aunque después fueron sometidos a un intenso proceso metamórfico.

CICLO PROFUNDO

El ciclo profundo implica transporte de materia a zonas del interior de la corteza terrestre donde existen altas temperaturas y presiones. Se denomina también ciclo orogénico, pues el resultado más notorio es la formación de una cadena de montañas. Este ciclo comienza con acumulación de sedimentos en una zona inestable, que se hunde. Al hundirse los sedimentos, son sometidos a temperatura y presión elevadas y sufren metamorfismo con locales zonas de fusión que generan rocas magmáticas. Parte de estas masas fundidas, logran ascender y cristalizar a niveles superiores, arrastrando consigo ciertos elementos químicos y dando lugar a uno de los procesos más eficaces en la formación de menas metalíferas. El metamorfismo, en cambio, no implica redistribución de elementos; no concentra ningún elemento químico que no estuviera ya concentrado al formarse las rocas sedimentarias que luego serán transformadas en metamórficas por este proceso.

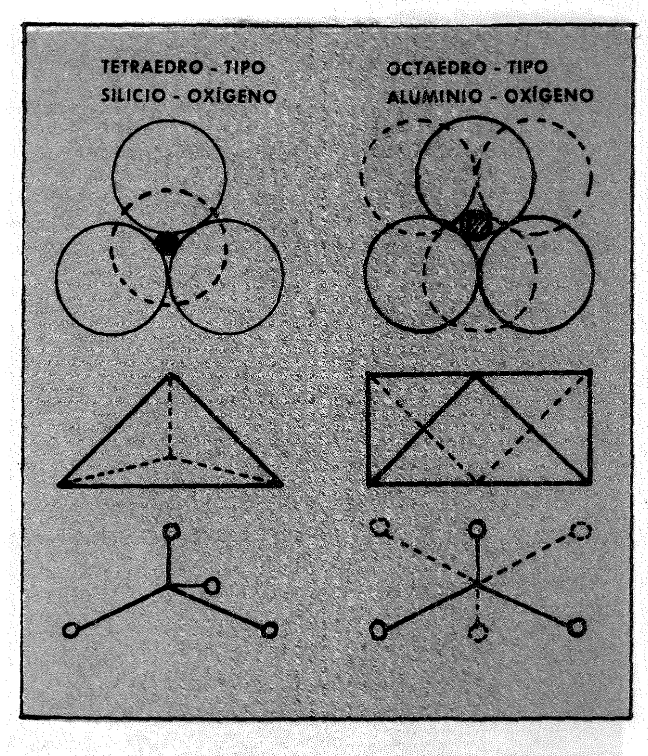
Durante el ciclo profundo o ciclo orogénico se pueden distinguir dos procesos de naturaleza diferente: **metamorfismo y magmatismo**. Ambos están estrechamente vinculados en espacio y tiempo pero tienen características totalmente diferentes.

El metamorfismo es un fenómeno en fase sólida en que los elementos se recombinan cuando son sometidos a alta temperatura y presión por hundimiento en la corteza.

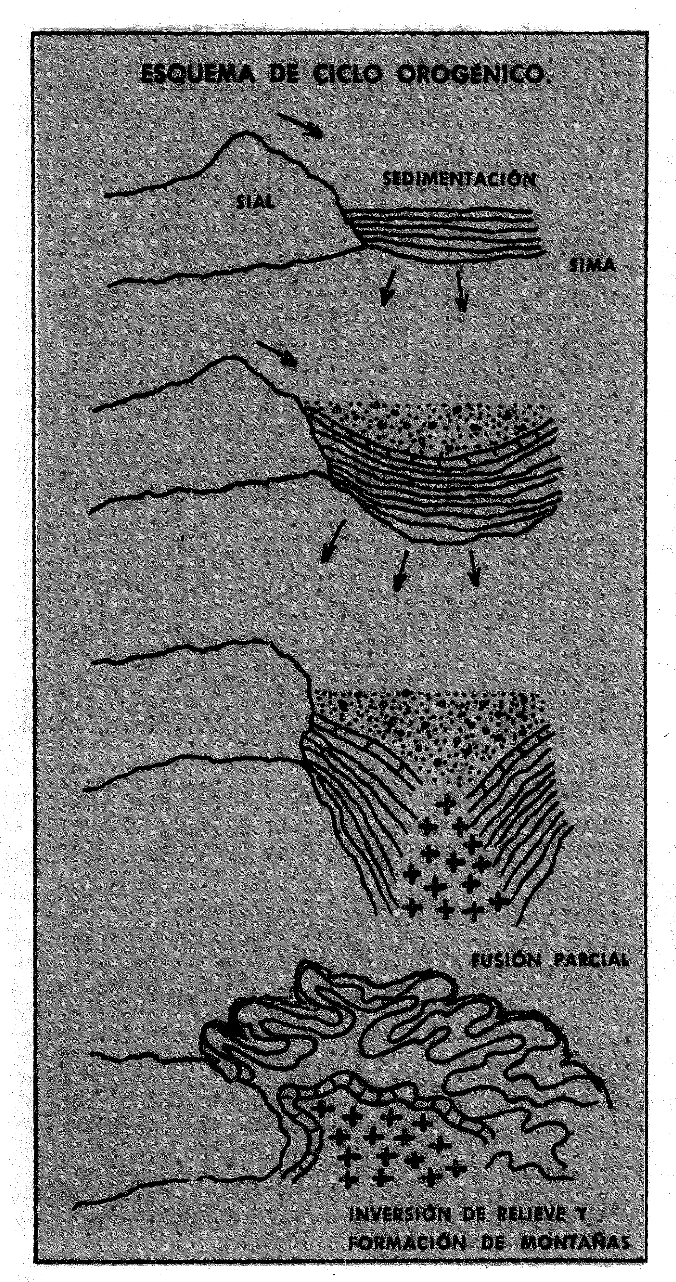
Los cambios mayores se producen a las mayores profundidades. Las rocas metamórficas formadas a poca profundidad (epimetamorfitos) no cambian la naturaleza mineralógica de las primitivas rocas sedimentarias. A mayor profundidad se producen cambios más importantes, pero en general el metamorfismo, por producirse en fase sólida, no es el proceso ideal para concentrar elementos valiosos. Es posible que un yacimiento sea metamórfico, pero la acumulación del elemento valioso se produjo en el ciclo sedimentario, como el caso del mineral de hierro de Valentines.

A las profundidades máximas, la energía disponible es grande y produce una importante recristalización conduciendo a la formación de rocas granudas de cuarzo-feldespáticas que petrográficamente son granitos: son los granitos metamórficos. Por razones arriba expuestas, estos granitos formados en fase sólida no son capaces de concentrar elementos valiosos.

El metamorfismo produce sin embargo algunos minerales exclusivos: asbesto, talco, esteatita, esmeril, grafito, granate, silimanita, disteno.



Distintas representaciones del tetraedro y octaedro fundamentales de la estructura de los silicatos.



El **magmatismo** es en cambio uno de los procesos más eficaces para concentrar elementos útiles. Su origen en el ciclo orogénico está vinculado a las zonas profundas en que se produce fusión local. Allí se cumplen leyes de solubilidad relativa y cristalización fraccionada que provocan una eficaz selección geoquímica. Se acumulan elementos químicos originalmente dispersos. Estas masas fundidas ascienden en las últimas etapas del ciclo. Al ascender se encuentran con zonas de menor temperatura y se produce su cristalización. Esta cristalización se cumple en varias etapas por lo que se designa el fenómeno con el nombre de **evolución magmática.**

En la primera etapa (estadio protomagmático) cristalizan los minerales con mayor punto de fusión y mínima solubilidad. Los elementos que cristalizan son los de menor radio iónico y mayor valencia. Fundamentalmente, cromo, titanio y vanadio junto con hierro.

En la segunda etapa (estadio mesomagmático) se produce la cristalización masiva de los silicatos; primero los que tienen calcio, magnesio y hierro, luego los que tienen sodio y potasio. En esta etapa se forman los macizos ígneos de granitos, granodioritas, dioritas, gabros. Se pueden producir acumulaciones de elementos valiosos en los contactos con la roca circundante: estaño, cobre, granate.

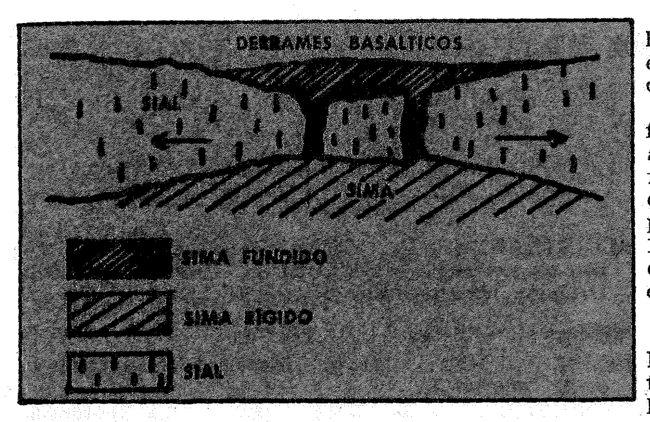
En la tercera etapa (estadio pegmatítico) se produce una concentración de elementos volátiles como resultado de la cristalización de la mayor parte de los silicatos.

La mayoría de los elementos escasos no han intervenido en la formación de los silicatos cristalizados en las etapas anteriores, por lo que también aumenta su concentración: litio, berilio, boro, flúor, estaño, tungsteno, uranio.

Estos elementos cristalizarán fundamentalmente en esta etapa pegmatítica. La masa silicatada principal generalmente en forma de filones, porque asciende a través de fracturas en las rocas preexistentes, está constituida por cuarzo, feldespato y micas en grandes cristales.

Es necesario distinguir dos tipos de pegmatitas: simples y complejas. Las simples tienen sólo cuarzo, feldespatos alcalinos y micas y están asociadas a granitos metamórficos. Las complejas presentan todos los elementos escasos arriba citados y se asocian a los granitos magmáticos que ascienden en la corteza luego de formarse. Las pegmatitas uruguayas conocidas son principalmente del tipo simple, excepto en Montevideo y Colonia.

En la cuarta etapa (estadio hidrotermal) los depósitos se producen a partir de soluciones acuosas. En esta etapa se concentran principalmente los sul-



Representación del proceso de derrame de lava por fracturación del Sial y fusión del Sima.

furos y los metales que tienen afinidad con el azufre: cinc (blenda), hierro (pirita), plomo (galena), plata (argentina), cobre (calcopirita), mercurio (cinabrio). Estos yacimientos tienen tanta importancia desde el punto de vista económico, que se han hecho estudios muy detallados que permiten dividir esta etapa en cuatro zonas según la temperatura decreciente: hipotermal, mesotermal, epitermal y teletermal. En cada una de estas zonas se dan asociaciones mineralógicas particulares denominadas paragénesis.

La paragénesis hipotermal concentra arsénico, cinc, cobre, hierro con ganga de grafito, cuarzo y calcita.

La paragénesis mesotermal concentra cinc, plata y oro y cobre con algo de plomo; la ganga es cuarzo y carbonatos.

En la paragénesis epitermal predominan cinc y plomo con algo de cobre y plata. La ganga es calcita.

En la teletermal se encuentra fundamentalmente mercurio. Estos depósitos hidrotermales son en general filonianos pero cuando se forman en rocas más o menos solubles y reactivas como el caso de las calizas, el resultado es una masa informe que penetra desigualmente en distintas partes de la roca de caja.

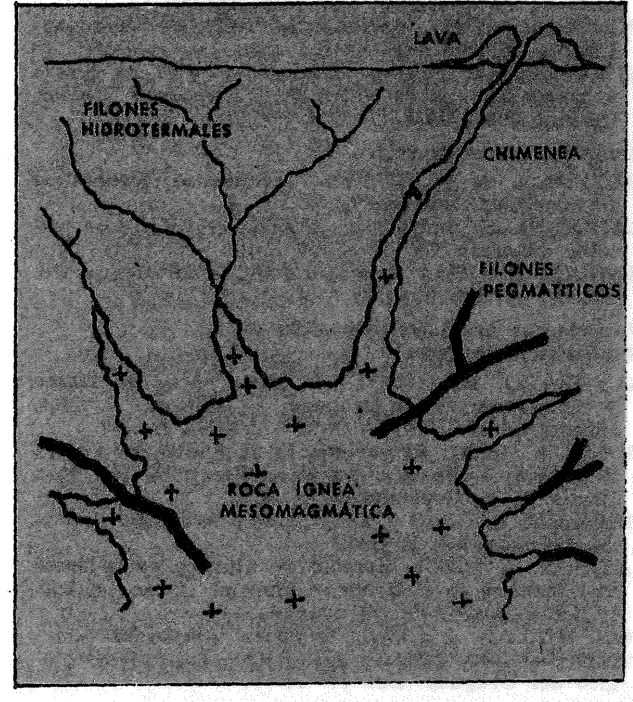
A este yacimiento de tipo hidrotermal pertenecen nuestros depósitos de cinc, cobre, plomo y oro (mesotermales y epitermales).

Ésta no es la única forma en que se generan masas fundidas en el interior de la corteza. Los magmas hasta ahora considerados son en general ácidos (ricos en sílice) y se forman por fusión durante el ciclo orogénico.

Los magmas básicos, que dan como resultado la formación de basaltos como roca principal, se originan a partir de material del sima. Cuando existen grandes fracturas que atraviesan el sial, se libera la presión que soportan los materiales componentes del sima y permiten su fusión y ascenso a la superficie (Bossi, 1968). Estos magmas pueden originar yacimientos de cromo y níquel. También con estos tipos de magma están asociadas las chimeneas diamantíferas.

La principal erupción magmática de esta naturaleza corresponde al momento geológico en que se fracturó en varios bloques el continente de Gondwana, hace 130-140 millones de años.

Esquema de evolución magmática.



BIBLIOGRAFIA

Mineralogía

BETEJTIN (sin fecha): **Curso de Mineralogía.** — Ed. en Lenguas Extranjeras, Moscú.
DANA-HURLBUT (1961): **Tratado de Mineralogía.**
RUTLEY-READ (1959): **Elementos de Mineralogía.** — Ed. Gilio.

Antecedentes principales

MARSTRANDER, R. (1916): **Informe preliminar sobre los yacimientos minerales de la República O. del Uruguay.** Instituto Geológico del Uruguay Bol. 2.
WALTHER, K. (1932): **Sobre la existencia de yacimientos minerales y rocas explotables en la República O. del Uruguay;** Rev. Fac. Agr. 6: 37-74.
WRITE, R. (1941): **Recursos minerales del Uruguay;** Informe interno a U. T. E.
ALVARADO, B. (1959): **Los yacimientos de hierro y manganeso en el Uruguay.** — Naciones Unidas, Informe FAO/URU/4.

Clasificación de Minerales

BATEMAN, A. M. (1963): **Yacimientos económicos de minerales.** Ed. Omega.
LADOO, R. B. and W. M. MYERS (1951): **Non-metallic minerals.** Ed. MacGraw-Hill.
RAGUIN, E. (1961): **Geologie des gîtes mineraux.** Ed. Masson et Cie.

Yacimientos uruguayos conocidos
Minerales metálicos

ALVARADO, B. (1959): **Los yacimientos de hierro y manganeso en el Uruguay.** — Naciones Unidas. Informe FAO/URU/4.
BOSSI, J. (1963): **El yacimiento de hierro del arroyo Valentines — Parte I. La Mena Ferrífera.** Bol. Soc. Brasileira de Geologia 12: Nº 1.
HERRERA VARGAS (1968): **Cómo se agrava la crisis nacional.** Ed. Ruben.
LEDOUX, J. (1960): **Estudio de algunos yacimientos de minerales en el Uruguay.** Informe interno al Instituto Geológico del Uruguay.
MAC MILLAN, J. (1930): **Regiones mineras de Cuñapirú, Corrales, Zapucay y Curtume.** Instituto Geológico del Uruguay, Bol. Nº 14.
MARSTRANDER, R. (1916): **Informe preliminar sobre los yacimientos minerales de la República O. del Uruguay.** Instituto Geológico del Uruguay. Bol. 2.

Minerales Arcillosos

BOSSI, J. (1960): **Montmorillonita nacional.** pR, 9: 49-82, Montevideo.
DERIBERE, J. y A. ESME (1952): **La Bentonita.** Ed. Aguilar.

Materias primas silicatadas

LADOO, R. B. and W. M. MYERS (1951): **Non-metallic minerals.** — Ed. MacCraw-Hill.
RAGUIN, E. (1961): **Géologie des gîtes mineraux.** — Ed. Masson et Cie.

Calcáreos

MAC MILLAN, J. (1933): **Terrenos precámbricos del Uruguay.** Instituto Geológico del Uruguay, Bol: Nº 18.
MARSTRANDER, R. (1915): **Los mármoles del Uruguay.** — Instituto Geológico del Uruguay. Bol. Nº 1.

Materias primas energéticas

BOSSI, J. - H. GOSO (1966): **Petróleo, su búsqueda en el Uruguay.** Gaceta de la Universidad.
COMITÉ URUGUAYO DE LA C. I. E. R. (1968): **Tercera Reunión del subcomité de recursos energéticos.**
GOSO, H. (1965): **Petróleo, su exploración en el Uruguay.** Ed. mimeografiada Instituto Geológico del Uruguay.
GOSO, H. (1965): **Los combustibles minerales del Uruguay.** Ed. mimeografiada Instituto Geológico del Uruguay.
FURON, R. (1960): **La géologie et l'economie moderne.** Ed. S.E.D.E.S.; Paris, Col. Demain.
SERRA, N. (1965): **"La investigación para petróleo en el Uruguay".** Ed. Ancap.

Procesos Geológicos formadores de menas

RANKAMA, K. y SAHAMA, Sh. (1954): **Geoquímica.** Ed. Aguilar.
FERSMAN, A. (1962): **Geoquímica recreativa.** Ed. Lenguas Extranjeras, Moscú.

PLAN DE LA OBRA

(Continuación)

LA CLASE DIRIGENTE
Carlos Real de Azúa

SUELOS Y EROSIÓN
Enrique Marchesi y Artigas Durán

EL SABER Y LAS CREENCIAS POPULARES
Equipo de antropólogos

FRONTERA Y LÍMITES
Eliseo Salvador Porta

PECES DE RÍO Y PECES DE MAR
Raúl Vaz Ferreira

LA ECONOMÍA DEL URUGUAY EN EL SIGLO XIX
W. Reyes Abadie y J. C. Williman (h.)

PLANTAS HERBÁCEAS
Osvaldo del Puerto

EL SECTOR INDUSTRIAL
Juan J. Anichini

ARTES, JUEGOS Y FIESTAS TRADICIONALES
Equipo de antropólogos

LA ENERGÍA, EL TRANSPORTE Y LA VIVIENDA
Juan Pablo Terra

ÁRBOLES Y ARBUSTOS
Atilio Lombardo

LOS TRANSPORTES Y EL COMERCIO
Ariel Vidal y Luis Marmouget

LOS MEDIOS MASIVOS DE COMUNICACIÓN
Roque Faraone

LA VIDA COTIDIANA Y SU AMBIENTE
Daniel Vidart y Renzo Pi Hugarte

CIUDAD Y CAMPO
Germán Wettstein

PARTIDOS POLÍTICOS Y GRUPOS DE PRESIÓN
Antonio Pérez García

LA PRODUCCIÓN
Pablo Fierro Vignoli

POLÍTICA ECONÓMICA Y PLANES DE DESARROLLO
Enrique Iglesias

LAS CORRIENTES RELIGIOSAS
Alberto Methol Ferré - Julio de Santa Ana

PLANTAS MEDICINALES
Blanca Arrillaga de Maffei

LA ECONOMÍA DEL URUGUAY EN EL SIGLO XX
W. Reyes Abadie y José C. Williman (h.)

GEOGRAFÍA DE LA VIDA
Rodolfo V. Tálice

HACIA UNA GEOGRAFÍA REGIONAL
Asociación de Profesores de Geografía

EL PUEBLO URUGUAYO: PROCESO RACIAL Y CULTURAL
Equipo de antropólogos

LA CULTURA NACIONAL COMO PROBLEMA
Mario Sambarino

PERSPECTIVAS PARA UN PAIS EN CRISIS
Luis Faroppa

Y UN VOLUMEN FUERA DE SERIE: **EL TURISMO** QUE APARECERÁ DESPUÉS DE LOS 25 PRIMEROS.

LOS EDITORES PODRÁN, SIN PREVIO AVISO, SUSTITUIR CUALQUIERA DE LOS TÍTULOS ANUNCIADOS O ALTERAR EL ORDEN DE SU APARICIÓN.

EL MARTES DE LA SEMANA PROXIMA APARECE EL VOLUMEN:

ANFIBIOS Y REPTILES

M. A. KLAPPENBACH Y B. OREJAS-MIRANDA

PLAN DE LA OBRA

1. EL URUGUAY INDÍGENA
Renzo Pi Hugarte
2. EL BORDE DEL MAR
Miguel A. Klappenbach - Víctor Scarabino
3. RELIEVE Y COSTAS
Jorge Chebataroff
4. EL MOVIMIENTO SINDICAL
Germán D'Elía
5. MAMÍFEROS AUTÓCTONOS
Rodolfo V. Tálice
6. IDEAS Y FORMAS EN LA ARQUITECTURA NACIONAL
Aurelio Lucchini
7. EL SISTEMA EDUCATIVO Y LA SITUACION NACIONAL
Mario H. Otero
8. TIEMPO Y CLIMA
Sebastián Vieira
9. IDEOLOGÍAS POLITICAS Y FILOSOFÍA
Jesús C. Guiral
10. RECURSOS MINERALES DEL URUGUAY
Jorge Bossi
11. ANFIBIOS Y REPTILES
M. A. Klappenbach y B. Orejas-Miranda

TIPOS HUMANOS DEL CAMPO Y LA CIUDAD
Daniel Vidart
AVES DEL URUGUAY
Juan P. Cuello
LA SOCIEDAD URBANA
Horacio Martorelli
INSECTOS Y ARÁCNIDOS
Carlos S. Carbonell
EL FOLKLORE INFANTIL
Lauro Ayestarán
LA SOCIEDAD RURAL
Germán Wettstein - Juan Rudolf
EL LENGUAJE DE LOS URUGUAYOS
Horacio de Marsilio
LA ECONOMÍA DEL URUGUAY ACTUAL
Instituto de Economía
HISTORIA DE NUESTRO SUBSUELO
Rodolfo Méndez Alzola
EL LEGADO DE LOS INMIGRANTES
Daniel Vidart y Renzo Pi Hugarte
EL COMERCIO INTERNACIONAL Y LOS PROBLEMAS MONETARIOS
Samuel Lichtenstejn
EL COMERCIO Y LOS SERVICIOS DEL ESTADO
José Gil
EL DESARROLLO AGROPECUARIO
Antonio Pérez García